



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

# **USO DE BADELEÍTA EM GEOCRONOLOGIA E GEOLOGIA DOS DIQUES ENTRE PONTO NOVO E QUEIMADAS, NE DA BAHIA**

Mauricio Brito Huttner

Orientadora: Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

Coorientadora: Dra. Débora Correia Rios

## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão-SE  
2019

Mauricio Brito Huttner

**USO DE BADELEÍTA EM GEOCRONOLOGIA E  
GEOLOGIA DOS DIQUES ENTRE PONTO  
NOVO E QUEIMADAS, NE DA BAHIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Geociências e Análise de Bacias da Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título  
de Mestre em Geociências.

**Orientadora:** Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

**Coorientadora:** Dra. Débora Correia Rios

São Cristóvão–SE  
2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

H983u Huttner, Mauricio Brito  
Uso de badeleíta em geocronologia e geologia dos diques entre  
Ponto Novo e Queimadas, NE da Bahia / Mauricio Brito Huttner ;  
orientadora Maria de Lourdes da Silva Rosa. – São Cristóvão, SE,  
2020.  
104 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) –  
Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Geociências. 2. Geocronologia. 3. Diques (Geologia) – Bahia.  
4. Crátons – São Francisco, Rio, Bacia. 5. Badeleíta. I. Rosa, Maria  
de Lourdes da Silva, orient. II. Título.

CDU 550.93:552.3

# **USO DE BADDELEYITA EM GEOCRONOLOGIA E GEOLOGIA DOS DIQUES ENTRE PONTO NOVO E QUEIMADAS, NE DA BAHIA**

por:

**Mauricio Brito Huttner**  
(Geólogo, Universidade Federal da Bahia – 2017)

## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

## **MESTRE EM GEOCIÊNCIAS**

### **BANCA EXAMINADORA:**



Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa [Orientadora – PGAB/UFS]



Dra. Ivana Conceição de Araújo Pinho [Membro Externo – CPRM]



Dr. Herbet Conceição [Membro Interno – PGAB/UFS]

Data Defesa: 07/02/2020



## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Suzane Maria Brito Huttner e Hans Huttner, pela paciência e apoio durante a vida. E a todos que contribuíram para chegada desse momento. Obrigado!*

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão bolsa de mestrado. Ao suporte financeiro dos projetos: PROMOB/FAPITEC/CAPES (Processo 88881.157717/2017-01), PROEF/FAPITEC/CAPES (Processo 88881.157439/2017-01), e CNPq (310391/2017-2).

Ao Condomínio de Laboratórios de Multiusuários das Geociências da Universidade Federal de Sergipe (CLGeo-UFS) pela concessão da infraestrutura cedida para realização dessa pesquisa.

À Superintendência de Salvador do Serviço Geológico do Brasil pelo apoio prestado na confecção das lâminas e cessão de uso do laboratório de preparação de amostras e em especial as pesquisadoras doutoras Cristina Maria Burgos de Carvalho e Rita Cunha Leal Menezes de Oliveira, pela disponibilidade, discussões e suporte. À Ivanara Pereira, que tornou este trabalho possível.

Ao professor Paulo Fernandes D'Ávila pelo conhecimento, sugestões e suporte desde a etapa de campo.

A Msc. Vilberto Lázaro Martins Nascimento, Instituto de Química, da Universidade Federal da Bahia e Carina Soares do Nascimento do Laboratório de Caracterização de Materiais e Laboratório de Difração de Raio X do Instituto Federal da Bahia pelo apoio e metalização das lâminas delgadas polidas.

As minhas orientadoras professoras doutoras Maria de Lourdes da Silva Rosa e Débora Correia Rios pelo apoio, confiança, suporte e paciência ao longo dessa pesquisa.

Aos companheiros de jornada do Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral (LAPA - Universidade Federal de Sergipe) e do Grupo de Petrologia Aplicada a Pesquisa Mineral (GPA- Universidade Federal da Bahia).

À minha família e amigos que acreditaram e ajudaram a realização deste trabalho.

## RESUMO

Rochas máficas e ultramáficas têm baixa abundância ou até ausência de zircão. Uma alternativa utilizada para datar essas rochas tem sido a badeleíta, um óxido de zircônio que apresenta características físicas e químicas similares ao zircão, como composição, e que apresenta bom resultado em estudos geocronológicos no sistema U-Th-Pb. O método clássico de concentração mineral apresenta baixa eficiência em badeleíta, para contornar este problema foi desenvolvido em 2002 um método novo de concentração que até então não era utilizado no Brasil. Este trabalho apresenta em detalhes uma variação desta metodologia, agora em rotina no Brasil. Esta metodologia utiliza volumes pequenos de amostra e se mostrou eficaz tanto para a concentração de badeleíta quanto para micro cristais de zircão. Amostras de um enxame de diques recém descobertos foram submetidos a esta técnica e foi obtida a idade de  $911 \pm 27$  Ma para um gabro rico em badeleíta. Este enxame de diques está associado a um grande lineamento magnético regional segmentado que se estende entre as cidades de Senhor do Bonfim e Salvador, no Estado da Bahia, dentro do Cráton São Francisco. Este estudo compreende o mapeamento e caracterização petrográficas deste enxame entre os municípios de Ponto Novo e Queimadas no Estado da Bahia em uma área de 50 km x 60 km. Para o mapeamento do enxame foram utilizados dados geofísicos e composições de bandas de imagens de satélite multiespectrais. O estudo petrográfico destas rochas revelou a presença de três grupos de rochas: sienitos, monzogabros e gabros. Os sienitos são porfiríticos, com fenocristais de albita imersos em uma matriz de anfibólio / clinopiroxênio, feldspato potássico, quartzo, ilmenita, biotita e  $\pm$  apatita. Os monzogabros são formados por cristais de labradorita, augita, feldspato potássico, quartzo, ilmenita  $\pm$  apatita. Os gabros são formados por cristais de labradorita, augita, ilmenita,  $\pm$  apatita,  $\pm$  pirita,  $\pm$  ortopiroxênio e  $\pm$  quartzo. As principais fases acessórias do gabro são badeleíta, zircão e zirconolita. A composição do gabro, bem como a sua idade, são similares ao encontrado em Salvador na Província Litorânea, e reforçam a hipótese de continuidade destas rochas por centenas de quilômetros dentro do CSF. A composição modal dos minerais dos três grupos de rocha encontrados na região é sugestiva de uma origem comum sob diferentes graus de diferenciação.

Palavras-Chave: Badeleíta; Enxame de Diques; Cráton São Francisco

## ABSTRACT

Mafic and ultramafic rocks have low abundance or even absence of zircon. An alternative used to date these rocks has been baddeleyite, a zirconium oxide that has similar chemical and physical properties to zircon as its composition and presents good results on geochronological studies on U-Th-Pb system. The classic method has low efficiency on baddeleyite, to avoid this problem, a new concentrating method was developed on 2002 but was not used in Brazil until then. This paper presents in detail a variation of this methodology, now in routine, that uses low sample volumes and is effective to concentration both baddeleyite and zircon micro crystals. This methodology was used on samples of a dike swarm freshly knew and a gabbro rich in baddeleyite was dated in  $911 \pm 27$  Ma. This swarm is associated to a large regional segmented magnetic line and it extends between the cities of Senhor do Bonfim and Salvador in San Francisco Craton. This study comprehends the dyke swarm mapping and its petrographic characterization between the cities of Ponto Novo and Queimadas in an area of 50 km x 60 km. Geophysical data and multispectral satellite images were used to mapping the dyke swarm. The petrographic study revealed three rock groups: syenites, monzogabbros and gabbros. Syenites are porfiritic formed by albite phenocrystals immersed in a matrix of amphibole / clinopyroxene, potassium feldspar, quartz, ilmenite, biotite and  $\pm$  apatite. The monzogabbros are formed by labradorite, augite, potassium feldspar, ilmenite  $\pm$  apatite. The gabbros are formed by labradorite, augite, ilmenite,  $\pm$  apatite,  $\pm$  pyrite and  $\pm$  orthopyroxene. The gabbro main accessory minerals are baddeleyite, zircon and zirconolite. Mineral composition of these rocks is suggestive of a common source on different degrees of fractionation. Similar age and mineral composition is found between these gabbros and the one from Coastal Province in Salvador. It corroborates the hypothesis of extension of Coastal Province to the CSF

**Keywords:** Baddeleyite; Swarm of Dykes; San Francisco Craton

## SUMÁRIO

<b><i>CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO</i></b>	<b><i>12</i></b>
I.1 APRESENTAÇÃO	13
I.2 OBJETIVOS	14
I.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	14
I.4 MATERIAIS E MÉTODOS	16
I.4.1 Revisão Bibliográfica	16
I.4.2 Sensoriamento Remoto	16
I.4.3 Etapas de Campo	17
I.4.4 Preparação de Amostras	17
I.4.5 Análise Petrográfica	17
I.4.6 Implementação de Metodologia de Concentração Mineral	19
I.4.7 Estruturação da Dissertação	19
I.5 BIBLIOGRAFIA	20
<b><i>CAPÍTULO II: GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ROCHAS SUBSATURADAS EM SÍLICA – DA DESCOBERTA DA BADELEÍTA AO SEU USO POTENCIAL COMO GEOCRONÔMETRO NO BRASIL</i></b>	<b><i>23</i></b>
RESUMO	24
ABSTRACT	24
INTRODUÇÃO	25
BADELEÍTA: UM GEOCRONÔMETRO PROMISSOR	25
MÉTODO “SÖDERLUND”	28
O MÉTODO DE CONCENTRAÇÃO DE BADELEÍTA NA CPRM-SALVADOR	28
DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
AGRADECIMENTOS	32
BIBLIOGRAFIA	32

<b><i>CAPÍTULO III: CONCLUSÕES</i></b>	<b>33</b>
III.1 METODOLOGIA DE CONCENTRAÇÃO DE BADELEÍTA	34
III.2 MAPEAMENTO E PETROGRAFIA DOS DIQUES ASSOCIADOS AOS LINEAMENTOS MAGNÉTICOS	34
 <b><i>ANEXO: JUSTIFICATIVA DOS COAUTORES</i></b>	 <b>35</b>
 <b><i>APÊNDICES:</i></b>	 <b>37</b>
APÊNDICE I: GEOLOGIA E PETROGRAFIA DOS DIQUES	38
APÊNDICE II: FICHAS DE AFLORAMENTO	57
APÊNDICE III: DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS	75

## LISTA DE FIGURAS

### ***CAPÍTULO I      INTRODUÇÃO***

Figura 1:	Mapa de localização da área de estudo.	15
Figura 2:	Imagem da primeira derivada do campo magnético total na área de estudo.	17
Figura 2:	Imagens da primeira derivada do campo magnético total e composição de bandas de imagens de satélite multiespectrais.	18

### ***CAPÍTULO II      GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ROCHAS SUBSATURADAS EM SÍLICA – DA DESCOBERTA DA BADELEÍTA AO SEU USO POTENCIAL COMO GEOCRONÔMETRO NO BRASIL***

Figura 1:	Imagens de badeleíta em microscópio.	26
Figura 2:	Imagens de badeleíta em microscópio eletrônico.	27
Figura 3:	Publicações com idades em badeleíta no tempo.	29
Figura 4:	Mesa concentradora <i>Wilfley Table</i> .	29
Figura 5:	Processos de separação mineral.	30
Figura 6:	Concentrado mineral.	31

### ***APÊNDICE I      GEOLOGIA E PETROGRAFIA***

Figura 1:	Esquema geológico do Cráton São Francisco.	40
Figura 2:	Esquema geológico da área de estudo.	44
Figura 3:	Imagens de campo.	46
Figura 6:	Imagens de petrografia.	49
Figura 7:	Diagramas QAP e Q(A+P)M. Streckeisen (1973),	50

## LISTA DE TABELA

Tabela 1:	Composição modal, parâmetros petrográficos e orientação dos diques.	47
-----------	---	----

# **CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO**



## I.1 APRESENTAÇÃO

O estudo de rochas máficas e subsaturadas em sílica encontra como uma das principais dificuldades obter minerais datáveis (Soderlund e Johansson, 2002). O zircão, principal mineral utilizado na geocronologia, é de difícil obtenção nestas rochas pois quando não é ausente, normalmente apresenta tamanhos diminutos. Atualmente a alternativa mais utilizada para determinar a idade de cristalização de rochas máficas é a badeleíta, um óxido de zircônio cujas propriedades químicas e físicas são similares às do zircão e apresentam resultados analíticos tão bons quanto os dele (Heaman e LeCheminant, 1993).

Soderlund e Johansson (2002) propuseram uma nova e mais eficiente metodologia para concentração de badeleíta a partir da mesa de bateia do tipo *Wilfley Table*. Esta metodologia impactou diretamente no aumento do volume de publicações com geocronologia em badeleíta (Soderlund *et al.*, 2013). Apesar dos avanços que esta metodologia trouxe, ela ainda não havia sido implementada em laboratórios brasileiros. Este trabalho descreve em detalhes uma de uma variação desta metodologia utilizada no *Jack Satterly Geochronology Laboratory* da Universidade de Toronto, Canadá e implementada no Brasil. A implementação de tecnologia, já em rotina, ocorreu no laboratório de petrologia da Superintendência Regional de Salvador (SUREG-Salvador) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Para o teste foi utilizada amostra de um exame de diques do Cráton do São Francisco (CSF).

O CSF hospeda diversos enxames de diques máficos como os diques da Província Litorânea, de Diamantina, do Espinhaço, de Lavras e do Brejo Seco (eg. Corrêa-Gomes & Oliveira, 2000; Brito Neves *et al.*, 1979; Corrêa-Gomes *et al.*, 1996; Pinese, 1997; Salgado *et al.*, 2016), mas ocorrem também diques em seu interior como os de Uauá e Aroeira (Bastos Leal *et al.*, 1994; Piaia, 2011). Huttner (2017) descreveu e datou um dique máfico não relacionado temporal e espacialmente com os demais conjuntos de diques já conhecidos. Esta ocorrência está localizada no Cinturão Móvel Salvador Curaçá (CMSC), unidade tectônica do CSF a que corresponde a uma faixa orogênica estabilizada em 2,1 Ga (Barbosa & Sabaté, 2004). Este dique está relacionado a extensos lineamentos magnéticos regionais de orientação geral NNW-SSE (Figura 1) que se estendem desde as proximidades de Senhor do Bonfim até as proximidades de Salvador. A existência dos lineamentos, bem como a similaridade entre a idade deste dique às obtidas para a Província Litorânea (Heaman 1991) reforçam a hipótese de

ampliação da Província Litorânea para o interior do CSF, como proposto por Corrêa-Gomes e Oliveira (2000). Estas feições tornam estas rochas importantes para uma melhor compreensão da evolução geológica neste setor do CSF

## **I.2 OBJETIVOS**

Esta pesquisa teve por objetivo principal fornecer uma nova ferramenta para estudo de rochas máficas. Como objetivo secundário, buscou mapear e descrever a petrografia dos diques associadas aos lineamentos magnéticos regionais do CMSC a partir de uma área determinada. Estas rochas não possuem ainda registro na bibliografia e podem impactar o modelo de evolução geológica da região.

Para atingir o objetivo principal, foram determinados os objetivos específicos:

- Estudo da metodologia de concentração mineral proposta por Soderlund e Johansson (2002) e a utilizada no *Jack Satterly Geochronology Laboratory*.
- Implementação e descrição da metodologia de concentração mineral adaptada na SUREG-Salvador da CPRM.
- Determinação dos alvos de campo através do estudo das anomalias magnéticas e de reflectância em imagem de satélite multiespectral.
- Mapeamento, descrição e amostragem dos diques.
- Descrição petrográficas dos diques amostrados estabelecendo a moda, as principais texturas e ordem de cristalização.

## **I.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS**

A área de estudo está localizada no Estado da Bahia, em um retângulo determinado entre as cidades de Ponto Novo e Queimadas (Figura 1). A escolha desta área levou em consideração a densidade de lineamentos magnéticos dentro do polígono, como explicado mais adiante e está centrada no dique datado.

A área estudada está delimitada pelos pontos coordenadas em UTM na área 24S: 370.400 mE / 8.810.000 mN; 430.400 mE / 8.810.000 mN; 370.400 mE / 8.760.000 mN; 430.400 mE / 8.760.000 mN. Datum Sirgas 2000.

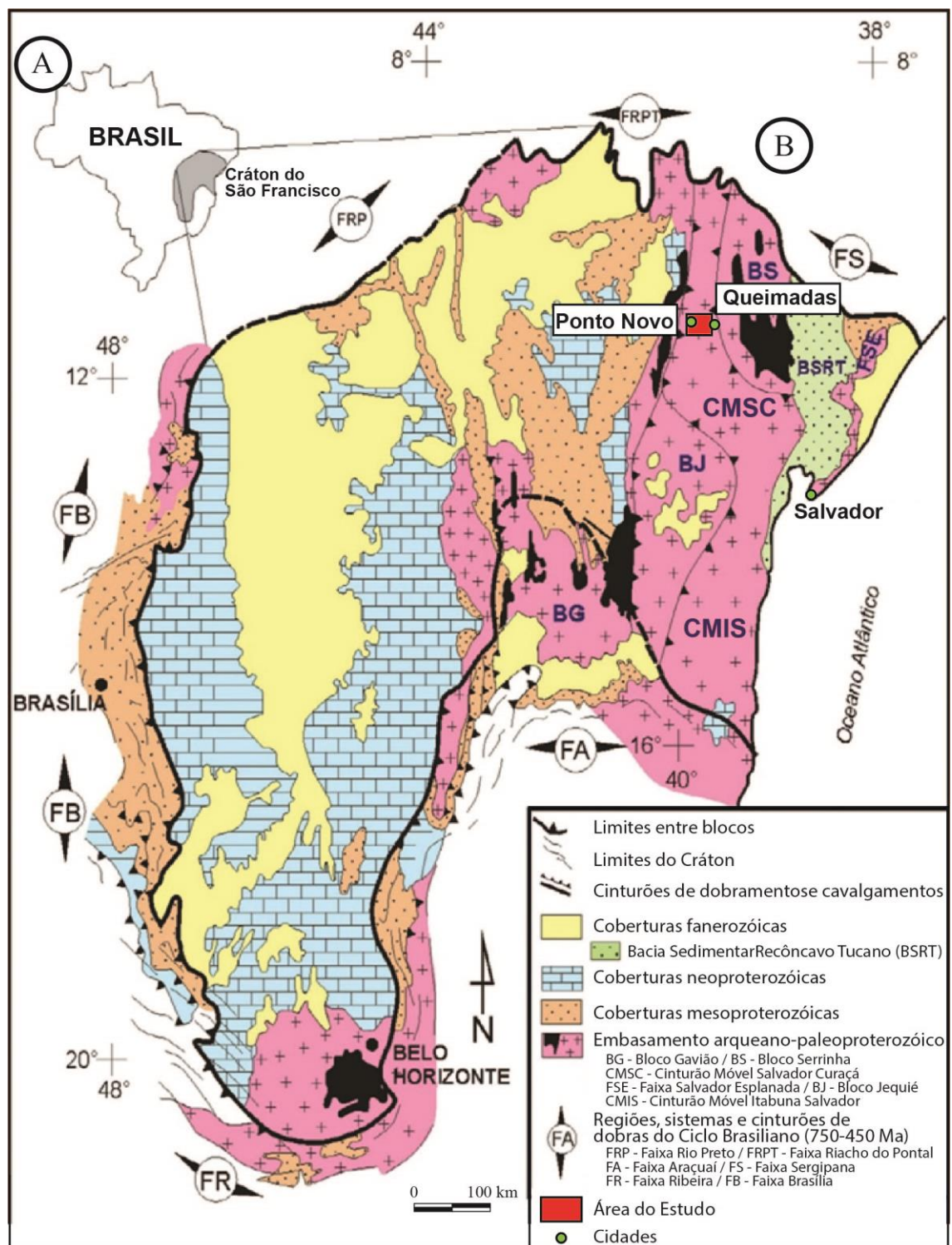


Figura 1. A) Mapa de localização do CSF no Brasil. B) Mapa geológico do CSF. Alkmin *et. al.*, (1993).

O acesso à área de estudo pode ser feito partindo da capital Aracaju sentido Estância pela BR-101 e em seguida SE-270 até a cidade de Lagarto. Em seguida utiliza a SE-170 até a cidade baiana de Tobias Barreto e segue pela BR-349 e BR-110 até Nova Soure, depois BA-084 e BA-233 até Riachão do Jacuípe. Por fim utiliza a BR-324 e depois a BA-413 até Queimadas. Para acessar os pontos do estudo é necessário o uso de estradas vicinais que podem ser acessadas a partir da cidade de Queimadas ou de Ponto Novo.

## **I.4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização deste estudo foi necessário o desenvolvimento de diversas etapas e métodos, como: revisão bibliográfica; utilização de ferramentas do sensoriamento remoto como imagens de satélites e dados geofísicos; missões de campo coleta e de amostras; preparação de amostras para análises químicas e petrográficas; descrição petrográfica; implementação e teste de metodologia de concentração de minerais datáveis.

### **I.4.1 Revisão Bibliográfica**

Esta etapa consistiu na leitura de artigos, teses e dissertações relacionadas ao estudo. Dentre o material estudado destaca-se o contexto regional em que os lineamentos se encontram; métodos de mapeamento por sensoriamento remoto e geofísica; petrografia e geoquímica de rochas máficas; e métodos de datação de rochas máficas.

### **I.4.2 Sensoriamento Remoto e Aerogeofísica**

Esta etapa inclui obtenção, tratamento e interpretação dos dados geofísicos e de imagens de satélite.

Os dados de anomalia magnética da primeira derivada do campo magnético total foram obtidos tratados e em forma de mapa (Figura 2), o qual foi interpretado para traçar lineamentos magnéticos (Figura 3).

As imagens multiespectrais utilizadas foram obtidas do satélite Landsat 8. Foram testadas diferentes composições de bandas e sua resposta para o embasamento e o dique



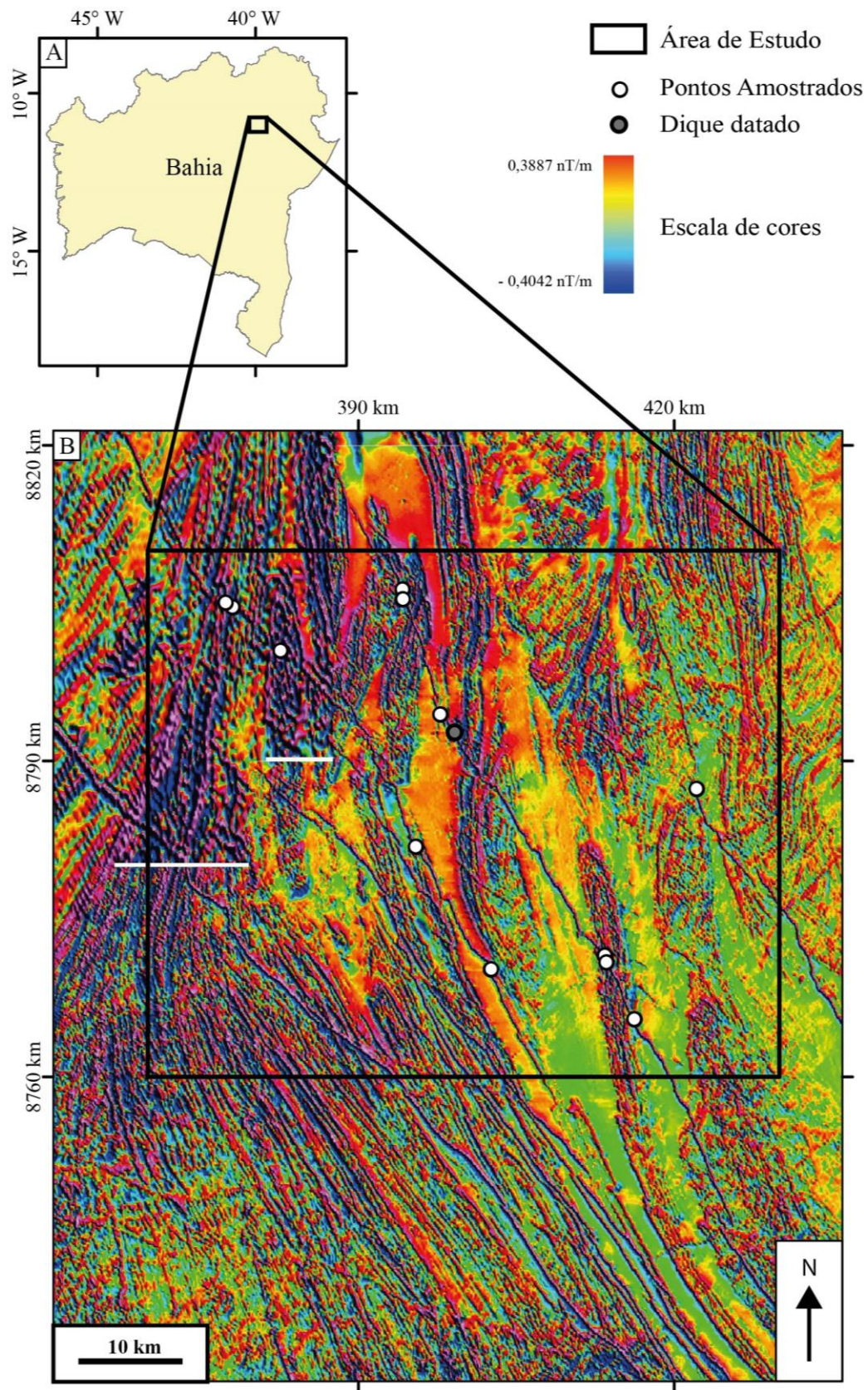


Figura 2. A) Mapa de localização da área de estudo. B) Mapa da primeira derivada do campo magnético total (Garrido 2000, 2003).



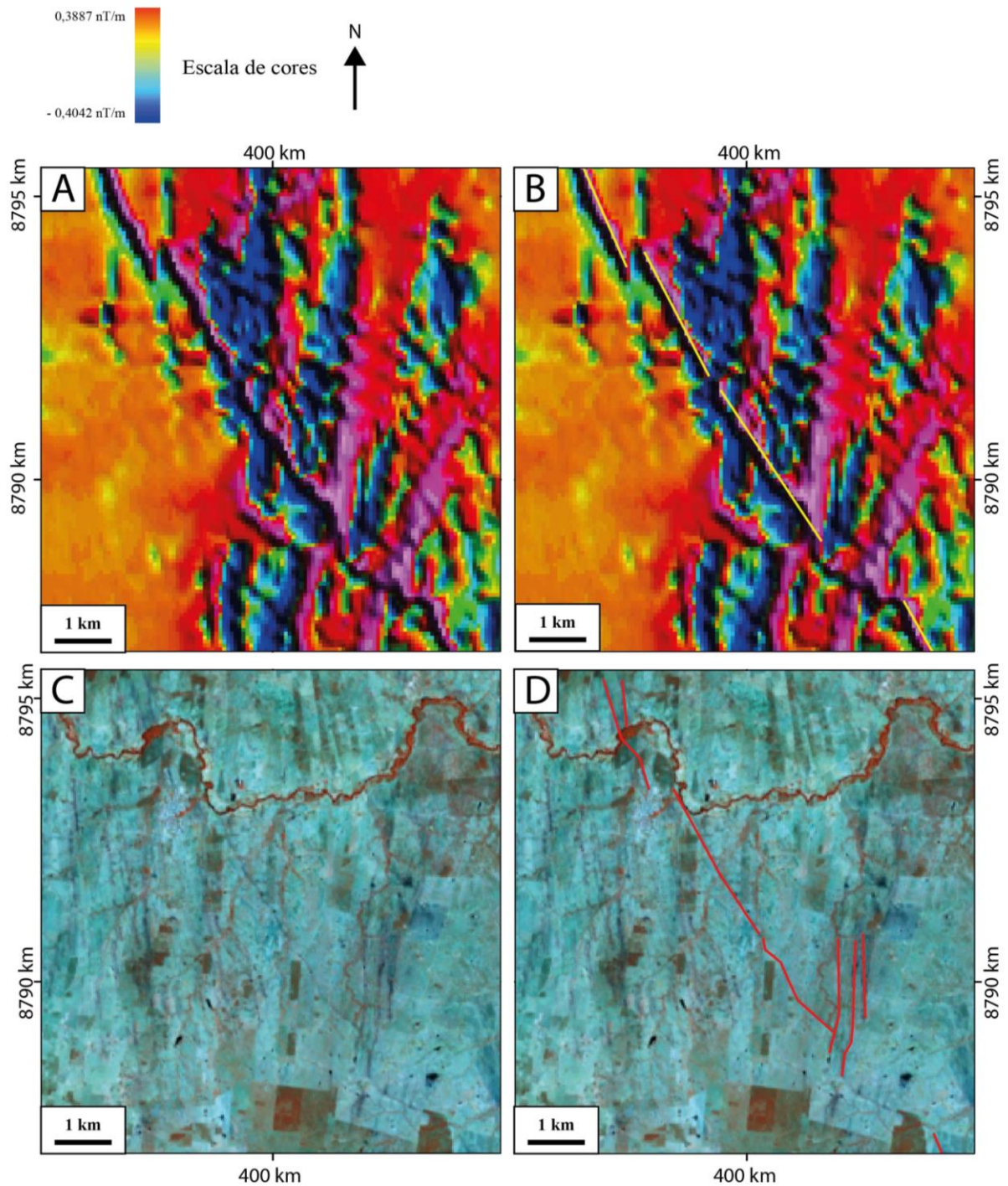


Figura 4. Imagens do mesmo local. A) Mapa da primeira derivada do campo magnético total (Garrido 2000, 2003). B) Lineamentos magnéticos extraídos do mapa da primeira derivada do campo magnético total. C) Composição das bandas 5, 6 e 7 do satélite landsat 8. D) Lineamento de anomalia de reflectância traçada sobre a imagem de satélite.

conhecido para determinar a composição com melhor contraste. A partir destes testes foi escolhida a composição das bandas 5, 6 e 7, que correspondem a bandas do infravermelho médio e próximo. Nesta composição a vegetação apresenta tons de vermelho, corpos hídricos apresentam cor preta, enquanto rochas e solos de diferentes

composições apresentam tonalidades de azul e verde. Devido à diferente composição em relação à encaixante, os diques apresentam tons de azul acinzentado no mapa e mais escuro que a rocha encaixante (Figura 3). Foram traçadas linhas de anomalia de reflectância onde há o contraste com o as rochas encaixantes e interpretados como locais de maior probabilidade de ocorrer afloramentos rochosos. A utilização das imagens de satélite foi necessária como complemento aos dados geofísicos pois, enquanto a imagem de satélite apresenta características da superfície, os dados de satélite podem refletir características de rochas do subsolo, não aflorantes.

Foram determinados como alvos prospectivos para a etapa de campo os locais em que há sobreposição de lineamentos magnéticos e de imagem de satélite, bem como onde possui acesso por estradas carroçáveis observadas na imagem de satélite em composição de bandas em cor verdadeira.

#### **I.4.3 Etapas de Campo**

Após a determinação dos alvos prospectivos, uma missão de campo foi realizada na área de estudo. Treze afloramentos foram visitados e descritos, além de dezoito amostras representativas coletadas. As fichas de afloramento se encontram no Apêndice I.

#### **1.4.4 Preparação de Amostras**

As amostras coletadas foram preparadas em duas etapas. A primeira foi realizada na Universidade Federal de Sergipe onde foram catalogadas, e para cada amostra, um fragmento separado para laminação, uma porção britada e outra separada e arquivada. Em seguida o material foi encaminhado para a SUREG-Salvador da CPRM onde foram confeccionadas lâminas polido delgadas para estudos em microscópio a partir do fragmento selecionado e a porção britada pulverizada em granulação < 200 # em moinho de panelas de carbeto de tungstênio.

#### **I.4.5 Análise Petrográfica**

A descrição petrográfica das lâminas delgadas polidas foram realizadas com o microscópio trinocular, da marca Opton®, modelo TNP – 09T, com luz transmitida e

refletida. Foram identificados os minerais formadores da rocha, bem como suas características e texturas. A determinação da composição modal foi realizada a partir da estimativa visual de trinta campos. As fichas de descrição petrográfica se encontram no Apêndice II.

Três lâminas delgadas polidas foram metalizadas com partículas de ouro no Laboratório de Raios X do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia para investigação em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Foram obtidas imagens utilizando o detector de elétrons retroespalhados (BSE), bem como análises químicas pontuais e semiquantitativas através do detector de espectroscopia de energia dispersiva (EDS).

O MEV utilizado foi do modelo Vega 3 LMU e marca *Tescan*, instalado no Laboratório de Microanálises do Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências, na Universidade Federal de Sergipe (CLGeo-UFS).

O EDS acoplado no MEV do CLGeo-UFS é da marca *Oxford Instruments*, modelo X-Act cuja aquisição de dados utilizou o *software AZtec 4.0* sob a rotina Quant para realizar as correções ZAF. Foram utilizadas as condições analíticas de tensão de 20 kV sob intensidade de corrente de 17 nA. O feixe de elétrons gerado possui 0,40 µm de diâmetro, com tempo médio de contagem de 30 s.

#### **I.4.6 Implementação de Metodologia de Concentração Mineral**

A implementação da metodologia de concentração mineral para badeleíta ocorreu em duas etapas. A primeira envolveu a obtenção de *know how* na Universidade de Toronto (UofT) em uma versão modificada da descrita por Soderlund & Johansson (2002). O treinamento realizado pelo Dr. Mike Hamilton durou duas semanas em um projeto de parceria com a CPRM, no qual estiveram presentes a pesquisadora da CPRM Dra. Cristina Maria Burgos de Carvalho, a professora Dra. Débora Correia Rios e o estudante Mauricio Huttner. Nesta modificação da metodologia não há uso de ultrassom para aumentara a separação de fragmentos pós pulverização e é utilizada uma pipeta descartável para coleta de duas frações do concentrado de pesados. A segunda etapa ocorreu e foi coordenada na SUREG-Salvador da CPRM. Nesta etapa a metodologia aprendida foi implementada e adaptada à mesa concentradora de tipo *Wilfley Table* pertencente à empresa, maior que a utilizada na UofT.



#### **I.4.7 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está estruturada em três capítulos, um anexo e três apêndices. Os capítulos correspondem: (i) Introdução, que apresenta os aspectos básicos deste trabalho; (ii) Artigo publicado sobre o histórico do mineral e a metodologia de concentração de badeleíta; e (iii) Conclusões do trabalho. O anexo corresponde à justificativa de participação dos coautores do artigo. Os apêndices são: (i) Aspectos geológicos e petrografia dos diques associados aos lineamentos magnéticos entre Ponto Novo e Queimadas, Bahia; (ii) Fichas de afloramentos visitados neste trabalho; e (iii) Fichas petrográficas das amostras estudadas.

#### **I.5 BIBLIOGRAFIA**

- Barbosa, J.S.F. & Sabaté, P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Cráton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 133:1-27.
- Bastos Leal, L.R.; Teixeira, W.; Picirilo E.M.; Menezes Leal, A.B.; Girardi, V.A. 1994. Geocronologia Rb/Sr e K/Ar do enxame de diques máficos de Uauá, Bahia (Brasil). *SBGq, Geochimica Brasiliensis*, 8(1): 99-114.
- Brito Neves, B.B.; Kawashita, K. & Delhal, J. 1979. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. *Revista Brasileira de Geociências*, 9 (1): 71-85.
- Corrêa-Gomes, L.C. & Oliveira, E.P. 2000. Radiating 1.0 Ga mafic dyke swarms of eastern Brazil and western Africa: evidence of post-assembly extension in the Rodinia supercontinent?. *Gondwana Research*, 3:325-332.
- Corrêa-Gomes, L.C.; Tanner de Oliveira, M.A.F.; Motta, A.C.; Cruz, M.J.M. 1996. Província de diques máficos do Estado da Bahia: Mapas, estágio atual do conhecimento e evolução temporal. *Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais – SGM/SICM*, p. 144.
- Garrido I.A.A. 2000. Imagem da 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total. Levantamento Aerogeofísico da área Senhor do Bonfim. CBPM.
- Garrido I.A.A. 2003. Imagem da 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total. Levantamento Aerogeofísico da área Andorinha-Ipirá e Piritiba. CBPM.
- Heaman, L.M. & LeCheminant A.N. 1993. Paragenesis and U-Pb systematics of Baddeleyite (ZrO<sub>2</sub>). *Chemical Geology*, 110:95-126.
- Heaman, L.M. 1991. U-Pb dating of giant radiating dyke swarms: potential for global correlation of mafic magmatic events. *Simpósio de diques máficos. Resumo expandido*, 7-8.

- Huttner, M.B. 2017. Geocronologia U-Pb por Badeleíta no Gabro Espanta Gado, Nordeste da Bahia, Brasil. *Graduation Thesis. Universidade Federal da Bahia*. 111 p.
- Piaia, P. 2011. Geoquímica de Rochas Máficas da Região de São José do Jacuípe, Segmento Norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, Cráton do São Francisco, Bahia. *Msc Thesis. Universidade de Brasília*. p. 159.
- Pinese, J.P.P. 1997. Geoquímica, Geologia Isotópica e Aspectos petrológicos dos Diques Máficos Pré-Cambrianos da Região de Lavras (MG), porção sul do Cráton São Francisco. *PhD Thesis. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo*. 178 p.
- Salgado, S.S.; Ferreira Filho, C.F.; Caxito, F.A.; Uhlein, Alexandre.; Dantas, E.L.; Stevenson, R. 2016. The Ni-Cu-PGE mineralized Brejo Seco mafic-ultramafic layered intrusion, Riacho do Pontal Orogen: Onset of Tonian (ca. 900 Ma) continental rifting in Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 70:324-339.
- Söderlund, U.; Ibanez-Mejia, M.; El Bahat, A.; Ernst, R.; Ikenne, M.; Soulaïmani A.; Youbi, N.; Cousens, B.; El Janati, M. & Hafid, A. 2013. Reply to Comment on “U–Pb baddeleyite ages and geochemistry of dolerite dykes in the Bas-Drâa inlier of the Anti-Atlas of Morocco: Newly identified 1380 Ma event in the West African Craton” by André Michard and Dominique Gasquet. *Lithos*, 174:101-108.
- Soderlund, U. & Johansson, L. 2002. A simple way to extract baddeleyite (ZrO<sub>2</sub>). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 3:1-7.

## **CAPÍTULO II: GEOCRONOLOGIA U-PB EM ROCHAS SUBSATURADAS EM SÍLICA – DA DESCOBERTA DA BADELEÍTA AO SEU USO POTENCIAL COMO GEOCRONÔMETRO NO BRASIL**



**Geocronologia U-Pb em Rochas Subsaturadas em Sílica – da  
Descoberta da Badeleíta ao seu uso Potencial como Geocronômetro no Brasil**  
U-Pb Geochronology of Silica Undersaturated Rocks - from the  
Discovery of Baddeleyite to its Potential Application as a Geochronometer in Brazil

Mauricio Brito Huttner<sup>1,2</sup>; Débora Correia Rios<sup>2</sup>;  
Cristina Maria Burgos de Carvalho<sup>3</sup> & Maria de Lourdes da Silva Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe – UFS. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias,  
Complexo Laboratorial Multiusuários da UFS. Galpão das Geociências. 49.100-000. São Cristóvão, Sergipe, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia – UFBA. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geologia.  
Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral.

Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina. 40.170-290. Salvador – Bahia, Brasil

<sup>3</sup> Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Av. Ulisses Guimarães, 2868. Sussuarana / CAB. 41.213-000. Salvador - Bahia, Brasil  
E-mails: mauhut@gmail.com; dcrios@ufba.br; cristina.burgos@cprm.gov.br; lrosa@ufs.br

Recebido em: 29/03/2019 Aprovado em: 15/05/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_3\\_361\\_370](http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_361_370)

## Resumo

A geocronologia U-Pb revolucionou a geologia com idades precisas e altamente confiáveis. O método, amplamente difundido, utiliza o zircão como o principal mineral datável por favorecer a substituição do Zr por U, mas impedir a entrada do Pb na sua estrutura, permitindo datar a cristalização de rochas ígneas e metamórficas e obter idade de proveniência de sedimentos. Contudo, o zircão apresenta uma limitação marcante: é raro ou ausente em rochas sub-saturadas em sílica. Em sua ausência outros minerais são utilizados na datação, tais como apatita, monazita e perovskita, mas é a badeleíta o mineral que mais se destaca na datação de rochas sub-saturadas. A badeleíta possui as mesmas vantagens de substituição química do Zr pelo U-Th-Pb do zircão, mas apresenta algumas dificuldades no seu uso: tamanho geralmente diminuído e hábito placóide, que dificulta a sua concentração pelos métodos convencionais. Em 2002 uma metodologia específica para concentrar badeleíta revolucionou o seu uso como geocronômetro, mas eram poucos os laboratórios que dominavam a técnica, denominada “Söderlund”, e em geral restritos à América do Norte, Europa e Austrália. Desde 2017 a Superintendência Regional de Salvador do Serviço Geológico do Brasil concentra badeleíta através de uma adaptação da metodologia utilizando a mesa concentradora do tipo “Wilfley Table”, para a realidade brasileira. Este trabalho apresenta em detalhes a rotina de concentração que, além de badeleíta, consegue concentrar zircão em rochas nas quais o método clássico não se mostrou eficiente.

**Palavras-chave:** Badeleíta; Método de “Söderlund”; Wilfley Table

## Abstract

The U-Pb geochronology advent changes the geology as gave it reliable and precise ages. The methodology wide spread use zircon as main datable mineral. Its features make the data easier to use and is commonly found on high silica igneous and metamorphic rocks and sediment provenience. However, there is a remarkable limitation – it is rare or absent on silica sub saturated rocks. Many minerals have been used when zircon is not found, as monazite and perovskite, but baddeleyite stands out. Baddeleyite has the save features on geochronology as zircon, and is found on silica sub saturated rocks, but is hard to concentrate on classical methods. On 2002 a brand-new methodology, know as “Söderlund” to concentrate baddeleyite was published that boosted its use, but it was constrained mainly on North America, Europe and Australia. Since 2017, Brazilian survey adapted this new methodology to the country reality using a Wilfley Table and became able to separate baddeleyite. This paper presents on details this adapted methodology that is also able to concentrate zircon on samples where the classical methodology was not efficient.

**Keywords:** Baddeleyite; “Söderlund” methodology; Wilfley Table

## 1 Introdução

O conhecimento da idade das rochas é essencial no estudo geológico para entender ambientes e evolução de terrenos. Por muitos anos a determinação da idade das rochas ocorreu por datação indireta, como marcadores fósseis. Em 1907, após a primeira medição de razão isotópica de U-Pb (Boltwood, 1907) deu-se início aos estudos que culminariam na determinação da idade absoluta por U-Pb. Esta técnica, que faz uso do princípio da meia vida descoberto por Rutherford & Soddy (1902) em isótopos instáveis, encontra maior precisão quando utiliza o trio de geocronômetros do sistema U-Th-Pb. Este sistema é formado pelos pares  $^{235}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  e  $^{232}\text{Th}$ - $^{208}\text{Pb}$ , que são medidos e interpretados juntos no diagrama da concórdia (Tera & Wasserburg, 1972 a, b; Wetherill, 1956).

Diversos minerais podem ser utilizados para este tipo de análise como a apatita, titanita, monazita, zirconolita e, em especial a badeleíta e o zircão. Estes últimos, um óxido e um silicato de Zr, apresentam a vantagem de permitir em sua estrutura cristalina a substituição do Zr por U e Th, ao mesmo tempo, sem tolerar a entrada de Pb. Como resultado, todo o Pb medido na análise pode ser tratado como resultado de decaimento após pequenas correções. O zircão ( $\text{ZrSiO}_4$ ) é o principal mineral e o mais utilizado como geocronômetro nesta técnica devido a algumas das suas características como: abundância em rochas saturadas em sílica; morfologia indicativa de proveniência e ambiente; resistência ao intemperismo e metamorfismo; e facilidade de concentração (Corfu *et al.*, 2003). A principal limitação do seu uso ocorre nas rochas subsaturadas em sílica, onde o zircão é um mineral raro ou até ausente. Neste caso, a datação da badeleíta tem se consolidado como uma alternativa promissora.

A utilização da badeleíta em datação U-Pb teve início com Krogh (1973) e Krogh *et al.* (1987). Contudo, até o início deste século, a utilização da badeleíta era restrita. As dificuldades incluíam o seu reconhecimento em lâminas devido ao seu tamanho usualmente diminuto ( $<100\mu\text{m}$ ) e a exigência de grandes quantidades iniciais de amostra (50-100 kg) para sua concentração pelo método clássico devido

à peculiaridade de seu hábito, densidade, e seu formato tabular-alongado. Com os avanços nas técnicas de concentração e de análise, hoje ela é reconhecida como mineral-chave para datação e obtenção da idade de cristalização de rochas ígneas de derivação mantélica, em especial diques e *sills* de gabros e doleritos (Söderlund *et al.*, 2013).

Este artigo apresenta os benefícios e dificuldades de datar badeleíta, além de detalhar a metodologia de concentração adotada pelo Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Salvador, uma adaptação para a realidade brasileira a partir do trabalho clássico de Söderlund & Johansson (2002). Este ajuste da metodologia se mostrou altamente eficiente não apenas para concentrar badeleíta, como também outros minerais datáveis.

## 2 Badeleíta: um Geocronômetro Promissor

A badeleíta – também conhecida como brazilita, brazilita ou reitingerita – é um óxido de zircônio ( $\text{ZrO}_2$ ) presente em rochas subsaturadas em sílica cujo uso na geocronologia tem crescido mundialmente (Heaman & LeCheminant, 1993; Söderlund *et al.*, 2013). A primeira referência a este mineral remonta a 1892 (Fletcher, 1893) descrevendo um espécime macroscópico proveniente do Sri Lanka presenteado por Mr. Baddeley ao Museu Britânico. A descoberta foi simultânea à descrição do novo mineral “Brazilita” no Complexo Carbonatítico de Jacupiranga, Brasil, por Dr. Hussak (Hussak, 1894). Contudo, devido à ausência de infraestrutura analítica no Brasil, a amostra foi enviada para análise na Suécia em 1890, perdida nos correios, reenviada, e teve também o primeiro resultado perdido nos correios. Por toda esta confusão, mais tarde, ao ser comprovado que badeleíta e brazilita eram o mesmo mineral, o Dr. Hussak decidiu retirar seu pedido de nomenclatura, abdicando da descoberta e do direito a dar o nome ao mineral.

A badeleíta está comumente associada às etapas iniciais de cristalização dos magmas subsaturados em sílica, como rochas máficas-ultramáficas e carbonatitos (Heaman & LeCheminant, 1993). Além de Zr e O geralmente estão presentes no mineral Nb, Hf, Ti, U, Ce e Fe, sendo que alguns autores

advogam uma possível relação entre as proporções destes elementos no ambiente geológico e o favorecimento da formação da badeleíta (eg. Bellatreccia *et al.*, 1998). Em alguns tipos de rocha a badeleíta chega a possuir concentrações de urânio mais que 10 vezes superiores às do zircão (Heaman e LeCheminant, 1993).

Este mineral apresenta coloração amarronzada-amarelada-acastanhada, cristaliza no sistema monoclinico, possui densidade ligeiramente superior à do zircão ( $5,83\text{g/cm}^3$ ), tem hábito tabular, e pode ocorrer geminada (Figura 1). O mineral está presente em diversos tipos de rochas, incluindo máfics e ultramáfics, carbonatitos, kimberlitos, meteoritos e basaltos lunares (Heaman & LeCheminant, 1993; Bayanova, 2006). É frequente em rochas que possuem augita e plagioclásio, e que tem entre as fases acessórias magnetita, ilmenita, flúor-apatita/fosfatos, flúor-olopita, titanita, espinélio, óxidos de Fe-Ti, cromita, sílica, K-feldspato, rutilo, zircão, zirconolita, pirocloro, helandita e zirkelita (James & Flohr, 1983; Lindstrom *et al.*, 1987; Heaman &

LeCheminant, 1993; Bellatreccia *et al.*, 1998; Rajesh & Arai, 2006). Altos volumes modais de apatita têm sido utilizados como um bom indicador da presença de badeleíta na rocha. É comum que ocorra nos interstícios e em cavidades miarolíticas, em feldspatos alcalinos e fases hidratadas de Fe-Mg (eg. biotita e anfíbios).

Em lâmina a badeleíta apresenta algumas características distintivas. Sob luz plano-paralela, ocorre como um mineral diminuto, por vezes intersticial, alongado e fino. Sua forma remete mais a uma ripa fina de plagioclásio que a uma agulha de rutilo e a sua cor varia do castanho ao amarelo e marrom, usualmente (Figura 1A). É comumente confundida em lâmina com o rutilo – do qual se distingue por ser mais escura e não possuir a distinta cor marrom-avermelhada – e com a titanita – da qual difere por ser mais alongada. Apresenta estrias paralelas ao eixo “C” e degraus perpendiculares a ele. Em luz refletida, geralmente mostra um pico de reflexão pontual no centro do cristal (Figuras 1B e 1C). Em microscopia eletrônica de varredura, usualmente ocorre como uma ripa de cor clara em BSE (Figura 1D).

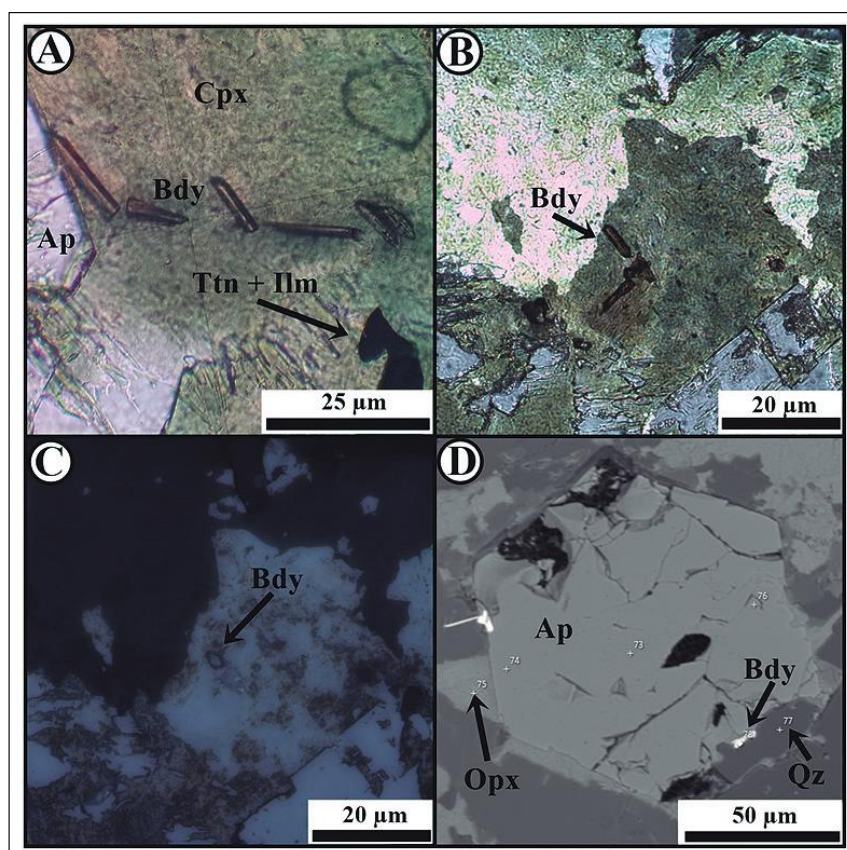


Figura 1 Imagens de badeleíta no gabro Espanta Gado, A e B. Foto micrografia em luz plana; C. Fotomicrografia em luz refletida, na mesma localização da figura B; D. Imagem em microscopia eletrônica de elétrons retroespalhados. Bdy = badeleíta, Ap = apatita, Qz = quartzo, Opx = ortopiroxênio, Cpx = clinopiroxênio, Ilm = Ilmenita, Ttn = titanita.

A badeleíta é formada em 99% dos casos em cristalização magmática das fases acessórias tardias, e sua idade é indicativa da época de colocação, possuindo menor discordância na razão U-Pb (discordância) que o zircão. A ocorrência deste mineral na rocha requer concentração local de Zr, o que é favorecido pela presença de Ca e ausência de Si (Dawson *et al.*, 2001) e indica que o fundido era sub-saturado em sílica já que à medida que o líquido satura em sílica o  $\text{ZrO}_2$  reage com o  $\text{SiO}_2$  e forma o zircão. Isto também explica a presença simultânea dos dois minerais em algumas rochas, sendo que, neste caso, o zircão é mais jovem que a badeleíta. Esta substituição explica a frequente borda de zircão na badeleíta, o que pode causar discordância na idade se não for eliminado por abrasão (Bayanova, 2006).

Em rochas onde zircão e badeleíta coexistem, o zircão tende a possuir mais urânio que a badeleíta, e isto faz com que o mineral experimente significan-

te perda de Pb nas bordas (eg. Heaman *et al.*, 1992). Contudo, a badeleíta possui baixas taxas de difusão de U e Pb, mesmo a altas temperaturas (Davidson & Van Breemen, 1988; Heaman & LeCheminant, 1993), sendo extremamente sensível a processos posteriores, e será destruída ou alterada para zircão seja (i) pela elevação das temperaturas em metamorfismo, ainda que de baixo grau ou (ii) por processos de fusão parcial e/ou hidrotermalismo. Nestas situações a badeleíta irá recrystalizar completamente como zircão metamórfico (figura 2).

Isto fez com que Söderlund *et al.* (2013), ao avaliarem o uso da badeleíta como geocronômetro, afirmassem que o mineral não existe como grãos secundários (metamórficos) ou xenocristais, exceto quando sob condições muito diferentes das ígneas e metamórficas normais. Segundo estes mesmos autores as possíveis exceções seriam litologias ricas em

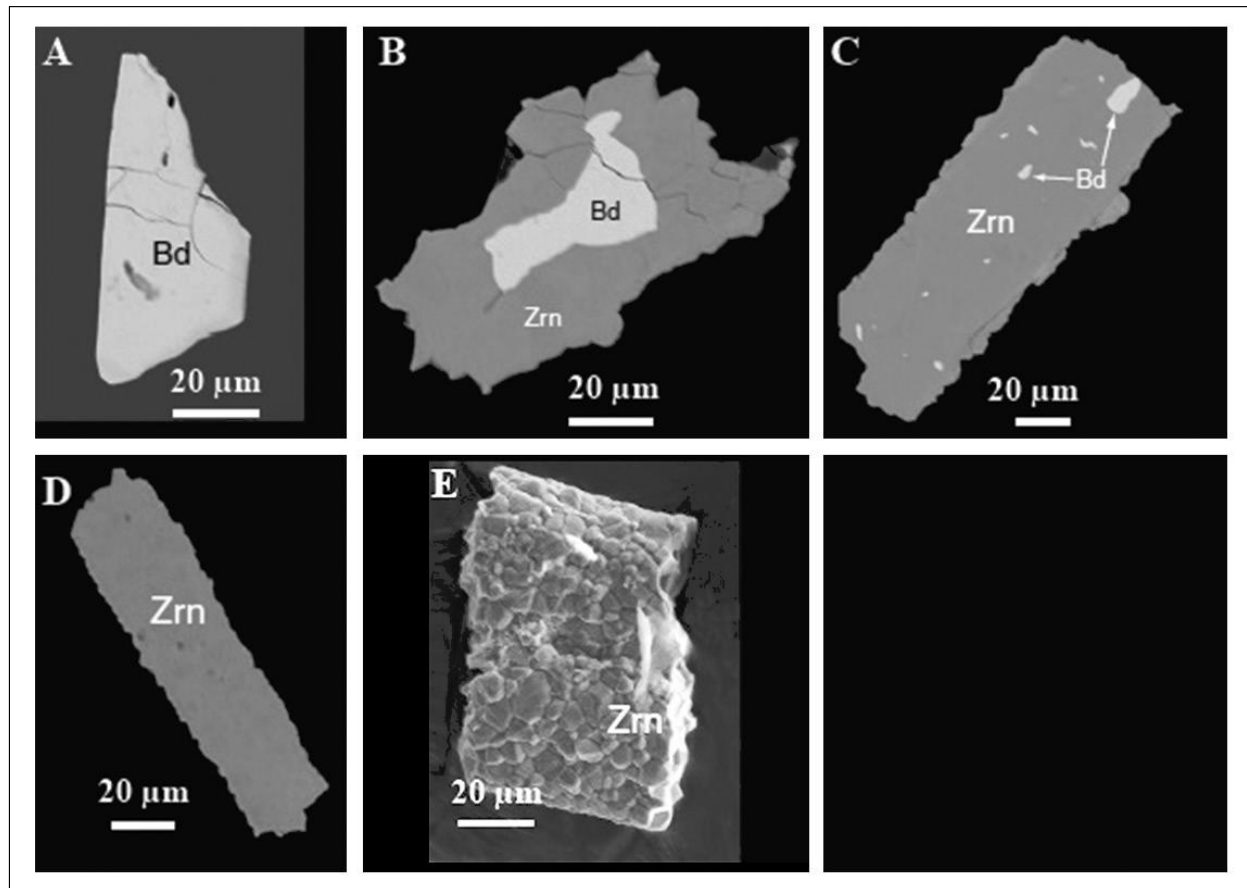


Figura 2 Imagens de elétrons retroespalhados para minerais de zircônio polidos provenientes do dique Lunden, SW Sweden, mostrando vários graus de transformação da badeleíta para zircão policristalino (A-D). (E) Imagem de elétrons secundários de zircão com superfície granular. Barra de escala = 20 µm. Bd = badeleíta, Zrn = zircão (Fonte: Söderlund *et al.*, 2008).

silica, ocorrências de xenocristais de badeleíta em kimberlitos em rápida ascensão, ou ocorrências de badeleíta em carbonatos em auréolas de metamorfismo de contato. Isto tem uma importante implicação geocronológica: a idade da badeleíta é, a princípio, sempre a idade de cristalização do corpo.

### 3 O Método “Söderlund”

A badeleíta é hoje considerada mineral-chave para a datação de rochas máficas e ultramáficas pelo método U-Pb, já que sem ela esta idade é muito difícil de obter, imprecisa, ou, até mesmo, inviável (Bayanova 2006). Entretanto, usualmente a badeleíta apresenta tamanhos diminutos – cristais da ordem de 40-70µm são considerados grandes. Isto inviabiliza as metodologias de análises pontuais por LA-ICP-MS e SHRIMP, exceto em macrocristais. O diâmetro dos feixes de LASER (*light amplification by stimulated emission of radiation*) ou íons aplicados nestas metodologias com a tecnologia atual são, normalmente, maiores que os cristais a serem analisados. A dificuldade em gerar concentrados também foi um grande empecilho por muito tempo (Söderlund *et al.*, 2013). Além disto, devido ao seu formato usualmente placóide, as metodologias clássicas de concentração mineral são pouco eficientes para badeleíta.

Mas como concentrar um mineral tão diminuto, pouco conhecido e ainda placóide? O problema de concentrar badeleíta começou a ser resolvido a partir de 2002 com os trabalhos pioneiros de Söderlund & Johansson (2002), os quais, motivados a solucionar este problema propuseram uma metodologia específica para concentração de badeleíta que utiliza uma bateia de mesa do tipo “*Wilfle Table*”. O desenvolvimento desta técnica especial permite concentrar badeleíta em rochas máficas necessitando para isto de apenas cerca de 1 kg de amostra. A metodologia proposta por estes autores recomenda que, após a britagem, a rocha seja moída em um moinho de discos e os minerais densos sejam concentrados com o uso de bateia de mesa do tipo *Wilfle Table*.

Desde a sua publicação, esta técnica de concentração impulsionou a geração de dados geocronológicos para este mineral (Figura 3, Söderlund *et*

*al.*, 2013), trazendo avanços importantes na datação de rochas onde o zircão não ocorre, em especial nas máfics. Atualmente esta metodologia de concentração vem sendo adotada por diversos laboratórios pelo mundo, por vezes ajustando-se o “método de Söderlund” a situações específicas locais.

### 4 O Método de Concentração de Badeleíta na CPRM-Salvador

#### 4.1 A Mesa Concentradora *Wilfle Table*

A mesa concentradora da CPRM Salvador foi adquirida em 2012 e fabricada no Brasil. Foi necessário adaptar o tablado padrão de fibra de vidro para que a distribuição das canaletas permitisse um maior espaçamento para a concentração mineral e o acabamento da porção inferior da mesa se tornasse linear. A instalação do equipamento exigiu a elaboração de um projeto hidráulico com uma bomba “sapo” instalado dentro de um tanque para aumentar a pressão da água e assim permitir a correta limpeza do tablado após o processamento de cada amostra, evitando contaminações. Um sistema de decantação com dois baldes sequenciais e remoção bimestral dos rejeitos – a depender da demanda – visa a redução dos resíduos sólidos que não devem ser lançados diretamente na rede de esgotos, pois podem provocar entupimentos. Não há riscos físicos associados com a operação da mesa, contudo uma grande quantidade de água é necessária no processo de concentração. Por este motivo sugere-se a implantação de um sistema de reaproveitamento de água.

#### 4.2 Adaptações do Método de “Söderlund” na CPRM-Salvador

Visando adaptar o método de concentração de badeleíta proposto por Söderlund & Johansson (2002) à infraestrutura previamente disponível na CPRM Salvador e à realidade brasileira foram feitos ajustes e adaptações. Nesta fase realizamos uma extensa revisão dos trabalhos já publicados sobre a badeleíta, desde a sua descoberta até os mais recentes avanços sobre a sua aplicação na geocronologia. Foram utilizados também os resultados obtidos durante treinamento na metodologia de Söderlund (Söderlund & Johansson, 2002) realizado no *Jack Satterly Geochronological Laboratory* da Universidade de Toronto.



**Geocronologia U-Pb em Rochas Subsaturadas em Sílica – da Descoberta da Badeleíta ao seu uso Potencial como Geocronômetro no Brasil**  
Maurício Brito Huttner; Débora Correia Rios; Cristina Maria Burgos de Carvalho & Maria de Lourdes da Silva Rosa

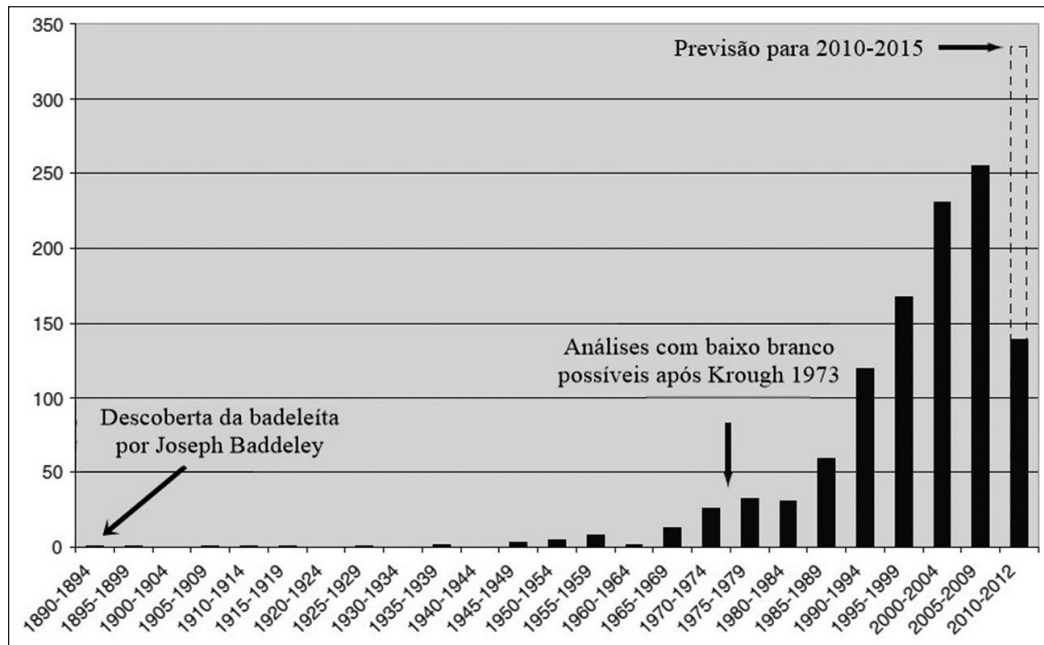


Figura 3 Diagrama proposto por Söderlund *et al.* (2013) para ilustrar o uso crescente da badeleíta na geocronologia U-Pb desde a descoberta do mineral em 1892 até os dias atuais.

Esta foi a base para a implantação da concentração mineral por *Wilfle Table* no Laboratório de Petrografia e Separação Mineral do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Superintendência Regional de Salvador (Bahia). Para os testes e calibração do método foi utilizada uma amostra com abundante presença e já previamente datada por badeleíta no laboratório da Universidade de Toronto, o Gabro Espanta Gado (Huttner, 2017).

Para a concentração de badeleíta foi necessário instalar sobre o tablado, ao longo do comprimento maior da mesa, um sistema de tubos de PVC conectados a uma alimentação de água, e perfurados linearmente em espaçamento equidistante, com cerca de 1,5 cm de afastamento entre si (Figura 4).

O fluxo d'água deve ter a menor vazão necessária e suficiente para que a água jorre por todos os orifícios da tubulação de forma contínua. A mesa é então ajustada em uma frequência de cerca de 150RPMs e 5° de inclinação lateral, em direção ao operador. A inclinação frontal deve ser em torno de 1° de forma a que a amostra deslize pela mesa sem acumular sobre o tablado.

As primeiras adaptações ocorrem já na fase de preparação das amostras. No laboratório da CPRM-Salvador cerca de 500g da amostra é pulverizada



Figura 4 Mesa concentradora do tipo *Wilfle Table*, com adaptações, na CPRM-Salvador.

em um moinho de placas de carbeto de tungstênio do tipo “*shatter-box*”. Deve-se utilizar o moinho de forma intermitente, a diferentes tempos, para criar um pó de granulometria heterogênea, com cerca de 40-80#, de forma que os grãos sejam perceptíveis ao toque. A amostra pode ser peneirada ou não, desde que só se separe a fração superior a 40# para realimentação do moinho e toda a amostra inicial seja processada. A amostra também não precisa ser peneirada para eliminação da fração mais fina (<80#), pois o processo de deslame ocorre na própria mesa.

Em um recipiente adiciona-se água com uma gota de detergente neutro para quebrar a tensão superficial da água e evitar que a badeleíta flue e/ou

seja carregada pelo fluxo d'água. Adiciona-se neste recipiente o pó da amostra visando a formação de uma lama espessa, a qual deve ser bem misturada na água buscando-se a homogeneização do material (Figura 5A).

Esta lama é então distribuída na parte superior da mesa, próximo ao final da primeira canaleta, em volume equivalente a 1-2 colheres de sopa (Figura 5B). Deve-se atentar para não colocar grandes quantidades do material ao mesmo tempo sobre a mesa, e também para re-homogeneizá-lo a cada nova alimentação.

A mesa é ligada acionando a energia e inicia assim a concentração (Figura 5C). Após cerca de 3-5 minutos de funcionamento, o material muito fino é eliminado. O tempo de espera pode variar de acordo com a amostra e com a heterogeneidade de granulometrias resultante do processo de pulverização.

O operador deve estar atento para estes ajustes necessários a cada amostra. Aguarda-se até que seja formado sobre o tablado um filete de minerais pesados com cerca de 1-3mm de espessura (Figura 5D). Nesta etapa, os minerais densos são coletados diretamente do fluxo d'água, sem interromper o funcionamento da mesa, utilizando-se para isto micropipetas descartáveis.

O concentrado de pesados é transferido diretamente da pipeta para um *becker* de vidro contendo álcool (Figura 6A), visando evitar a oxidação. Após finalizar a concentração de toda a amostra, deve-se cuidadosamente eliminar o máximo possível do excesso de água do *Becker*, e depois disto transferir o concentrado de pesados (Figura 6B e 6C) para uma placa de petri descartável ou de vidro, adicionando-se a ela álcool isopropílico, estando o concentrado pronto para a observação em lupa binocular com aumento mínimo de 100x.

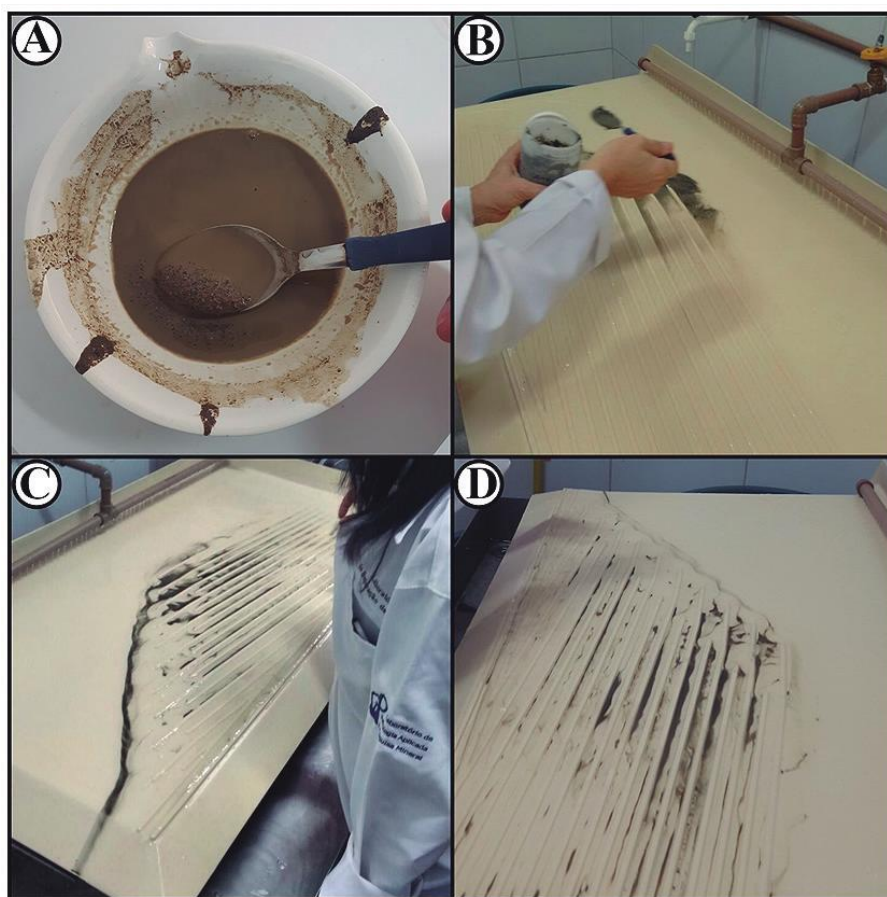


Figura 5 Sequência do processo de concentração de pesados com a técnica baseada em água - na mesa *Wilfley Table* - adaptada da CPRM Salvador. As fotografia apresentam as diferentes etapas da distribuição da amostra na mesa: (A) Lama formada pela adição de água e uma gota de detergente neutro à amostra; (B) Alimentação da mesa concentradora com a amostra; (C) Início da concentração mineral; (D) Filete de minerais pesados prestes à coleta.

Ao examinar o concentrado em lupa binocular deve-se utilizar um imã de mão tipo caneta, envoltório em parafite, para eliminar os minerais magnéticos presentes. A remoção ocorre passando-se a caneta imantada sobre a amostra no álcool e recolhendo-se as fases magnéticas em uma placa de petri. A depender do volume e da composição mineral do concentrado de pesados obtido podem ser ou não aplicadas etapas de concentração clássicas adicionais que podem incluir a separação eletromagnética no *Frantz* e/ou líquidos densos (di-iodo metil). Após a remoção das fases minerais indesejadas, procede-se a catação, com auxílio de uma pinça, dos cristais de badeleíta (Figura 6D) e/ou outros minerais de interesse para datação.

## 5 Discussões e Considerações Finais

A técnica de concentração de badeleíta está em plena rotina na CPRM-Salvador que atualmente, além de realizar os procedimentos de concentração mineral para outras superintendências da empresa – Belém, Manaus, Belo Horizonte – tem atendido demandas e treinado pesquisadores de outras instituições. Desde 2017 quando se iniciaram as operações em rotina já foram treinados pesquisadores da UERJ, UFMG, UNEB e UFBA, e atendidas demandas destas e de outras universidades e centros de pesquisa.

O índice de sucesso da obtenção de badeleíta em rochas subsaturadas em sílica flua em torno de

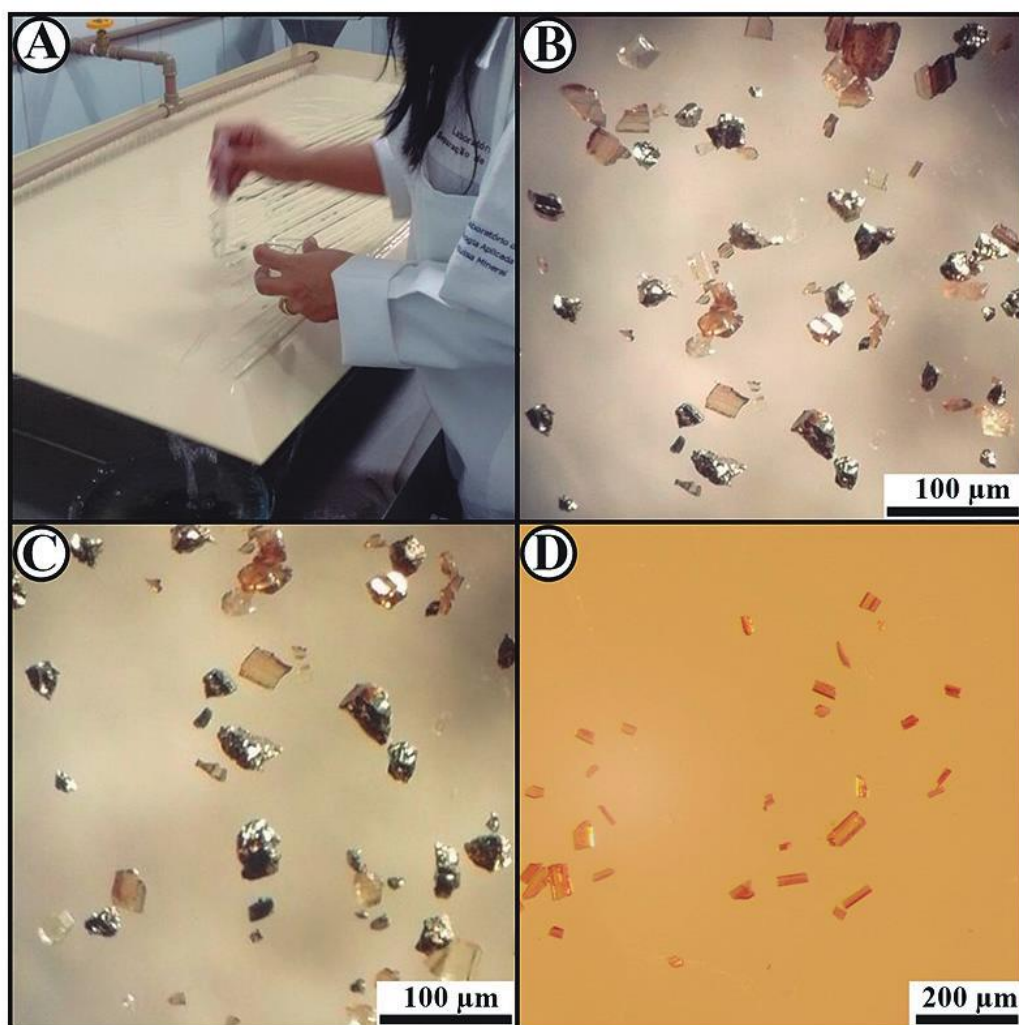


Figura 6 Concentrado de minerais pesados. A. Coleta do concentrado de pesados com a mesa em movimento; B e C. Aspecto do concentrado de pesados após coleta; D. Concentrado de badeleíta após a catação com pinça.

60%. Contudo, um fato extremamente positivo da aplicação desta adaptação da metodologia de “Söderlund” tem sido a possibilidade de recuperar zircão em algumas destas amostras negativas para badeleíta e também em rochas anortositicas, vulcânicas félsicas e gabros, em situações em que as técnicas convencionais de concentração em uso no Brasil tinham falhado em encontrar fases minerais aplicadas à geocronologia, mesmo processando algumas dezenas de quilos de amostras. A metodologia aqui descrita colabora para alavancar o conhecimento geológico no país, possibilitando aos pesquisadores brasileiros obter concentrados de minerais para fins geocronológicos em unidades litológicas antes não passíveis de aplicação das técnicas U-Pb.

Ainda hoje existem em todo o mundo apenas alguns poucos laboratórios capacitados a proceder esta separação e/ou que possuem rotina analítica para datação de badeleíta. A datação é comumente realizada por ID-TIMS. Apesar de garantir uma maior precisão, esta técnica é mais demorada e dispendiosa que as técnicas pontuais - LA-ICP-MS ou SHRIMP. A limitação do uso das técnicas pontuais ocorre, pois apenas cristais maiores que os usualmente obtidos para badeleíta possuem dimensão compatível com os atuais feixes de LASER e íons. Algumas análises já são obtidas, mas enquanto os avanços tecnológicos não superarem esta dificuldade, as amostras continuarão sendo datadas preferencialmente por ID-TIMS.

No Brasil ainda não há laboratórios com rotina ID-TIMS para a datação de badeleíta e as amostras são enviadas principalmente para o Canadá (Universidades de Alberta e Toronto) e Austrália. Nestes países a análise de badeleíta por ID-TIMS já é rotina há alguns anos e o efeito da contaminação do ambiente no laboratório é muito baixa, com brancos inferiores a 1ng, o que permite a datação destas fases diminutas. Devido às dificuldades envolvidas na concentração da badeleíta tem havido crescentes tentativas de desenvolvimento da datação por LA-ICP-MS. No Brasil alguns resultados bem-sucedidos já foram publicados (eg. Figueiredo, 2016; Matheus *et al.*, 2018). É importante notar contudo, que estas datações, apesar de promissoras, ocorreram em rochas com cristais de badeleíta bem maiores que o habitual.

A implementação da metodologia de concentração da badeleíta e a possibilidade de realizar tais concentrados no Brasil garante aos pesquisadores brasileiros a efetiva redução de tempo e custos, e um maior controle na amostragem, já que agora existe a possibilidade de enviar não a rocha mas seus concentrados para os laboratórios onde as análises serão realizadas. Mais que isto, esperamos que a disponibilização de maior quantidade deste mineral no Brasil, a partir desta nova metodologia de concentração, contribua para que pesquisadores da Rede Geochronos Brasileira/CPRM participem destes avanços da datação U-Pb e sejam estimulados a implantar a rotina para datação deste mineral no país.

## 6 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem à Universidade de Toronto, Canadá, e ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM, SUREG Salvador, pelo apoio logístico durante os trabalhos de preparação de amostras, em especial na pessoa da geóloga Dra. Rita Menezes, do técnico Pedro, e Eng. Bohdan. Aos pesquisadores do Grupo de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral (GPA-I-G-UFBA) pelo auxílio nas diversas etapas deste trabalho. Ao CNPq pelo financiamento (Projeto Universal 478161/2011-5), bolsas de mestrado (Huttner, M.B.) e produtividade em pesquisa (Rios, D.C., 301798/2012-5, 307554/2015-5). Aos revisores anônimos pelas sugestões que enriqueceram o manuscrito.

## 7 Referências

- Bayanova T.B. 2006. Baddeleyite: A Promising Geochronometer for Alkaline and Basic Magmatism. *Journal of Petrology*, 14(2): 187-200.
- Bellatreccia, F.; Della Ventura, G.; Williams, T.C. & Parodi, G.C. 1998. Baddeleyite from the Vico Volcanic complex, Latium Italy. *Rendiconti Fisiche della Accademia Nazionale dei Lincei*, 9:27-33.
- Boltwood, B.B. 1907. On the ultimate disintegration products of the radio-active elements. Part II. The disintegration products of uranium. *American Journal of Science*, 23:77-88.



**Geocronologia U-Pb em Rochas Subsaturadas em Sílica – da Descoberta da Baddeleyita ao seu uso Potencial como Geocronômetro no Brasil**  
 Maurício Brito Huttner; Débora Correia Rios; Cristina Maria Burgos de Carvalho & Maria de Lourdes da Silva Rosa

- Corfu, F.; Hanchar, J.M.; Hoskin, P.W.O. & Kinny, P. 2003. Atlas of Zircon Textures. In: HANCHAR, J.M. & HOSKIN, P.W.O. (Eds.). *Zircon. Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 53:469–500.
- Davidson, A. & Van Breemen, O. 1988. Baddeleyite–zircon relationships in coronitic metagabbro, Grenville Province, Ontario: implications for geochronology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 100:291–299.
- Dawson, J.B.; Hill, P.G. & Kinny, P.D. 2001. Mineral chemistry of a zircon-bearing, composite, veined and metasomatised upper-mantle peridotite xenolith from kimberlite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 140:720–733.
- Figueiredo, R.F. 2016. *Contexto Tectônico do Complexo Alcalino Apiaú – Roraima: Aerogeofísica, Petrologia e Geocronologia U-Pb*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 106p.
- Fletcher, L. 1893. On baddeleyite (native zirconia), a new mineral from Rakwana, Ceylon *Mineralogical Magazine*, 10:148-160.
- Heaman, L.M. & LeCheminant A.N. 1993. Paragenesis and U-Pb systematics of Baddeleyite (ZrO<sub>2</sub>). *Chemical Geology*, 110:95-126.
- Heaman, L.M.; LeCheminant, A.N. & Rainbird, R.H. 1992. Nature and timing of Franklin igneous events, Canada: Implications for a late Proterozoic mantle plume and the break-up of Laurentia. *Earth and Planetary Science Letters*, 109(1–2):117–131.
- Hussak, E. 1894. Ober den Baddeleyit (Syn. Brazilit) von der Eisenmine Josupiranganis, São Paulo. *Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt.*, 14: 395-414.
- Huttner, M.B. 2017. *Geocronologia U-Pb por baddeleyita no Gabro Espanta Gado, Nordeste da Bahia, Brasil*. Trabalho Final de Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. 111p.
- James, O.B. & Flohr, M. 1983. Subdivision of the Mg-suite rocks into Mg-gabbro-norites and Mg-norites. *Proc. 13<sup>th</sup> Lunar Sci. Conf., Journal of Geophysics Research*, 88: A603-A614.
- Krogh, T.E. 1973. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 37:485-494.
- Krogh, T.E.; Corfu, F.; Davis, D.W.; Dunning, G.R.; Heaman, L.M.; Kamo, S.L.; Machado, N.; Greenough, J.D. & Nakamura, E. 1987. Precise U-Pb isotopic ages of diabase dykes and mafic to ultramafic rocks using trace amounts of baddeleyite and zircon. In: HALLS, H.C. & FAHRIG, W.F. (Eds.). *Mafic Dyke Swarms. Geological Association of Canada, Special Papers*, 34: 147-152.
- Lindstrom, M.M.; Marvin, U.B. & Mittlefehldt, D.W. 1987. Apollo 15 Mg- and Fe-norites: A redefinition of the Mg-suite differentiation trend. In: LUNAR SCIENCE CONFERENCE, 19, *Proceedings*, p.245-254.
- Matheus, G.F.; Tonetto, E.M. & Santos, T.J.S. 2018. Geocronologia U-Pb em baddeleyita das rochas alcalinas do sul do Estado de SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 49, *Anais*, Porto Alegre-RS. Sociedade Brasileira de Geologia. CD-rom.
- Rajesh, V.J. & Arai, S. 2006. Baddeleyite–apatite–spinel–phlogopite (BASP) rocks in Achankovil Shear Zone, South India, as a probable cumulate from melts of carbonatite affinity. *Lithos*, 90:1-18.
- Rutherford, E. & Soddy, F. 1902. The radioactivity of thorium compounds II. The cause and nature of radioactivity. *Journal of the Chemical Society of London*, 81: 837-60.
- Söderlund, U.; Hellström, F. & Kamo, S.E. 2008. Geochronology of high-pressure mafic granulite dykes in SW Sweden; tracking the P-T-t path of metamorphism using Hf isotopes in zircon and baddeleyite. *Journal of Metamorphic Geology*, 26: 539–560.
- Söderlund, U.; Ibanez-Mejia, M.; El Bahat, A.; Ernst, R.; Ikenne, M.; Soulaïmani A.; Youbi, N.; Cousens, B.; El Janati, M. & Hafid A. 2013. Reply to Comment on “U–Pb baddeleyite ages and geochemistry of dolerite dykes in the Bas-Drâa inlier of the Anti-Atlas of Morocco: A newly identified 1380 Ma event in the West African Craton” by André Michard and Dominique Gasquet. *Lithos*, 174: 101-108.
- Söderlund, U. & Johansson, L. 2002. A simple way to extract baddeleyite (ZrO<sub>2</sub>). Technical Brief. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 3(2): 1-7.
- Tera, F. & Wasserburg, G.J. 1972a. U–Th–Pb systematics in lunar highland samples from the Luna 20 and Apollo 16 missions. *Earth and Planetary Science Letters*, 17(1): 36–51.
- Tera, F. & Wasserburg, G.J. 1972b. U–Th–Pb systematics in three Apollo 14 basalts and the problem of initial Pb in lunar rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 14(3): 281–304.
- Wetherill, G.W. 1956. Discordant uranium–lead ages. *Transactions of the American Geophysical Union*, 37: 320–326.

## **CAPÍTULO III: CONCLUSÕES**

### **III.1 METODOLOGIA DE CONCENTRAÇÃO DE BADELEÍTA**

A metodologia de concentração de badeleíta com a mesa de bateia do tipo *Wilfley Table* foi implementada com sucesso na Superintendência Regional de Salvador (SUREG) da CPRM. Após a aquisição, adaptação da infraestrutura e instalação da mesa, foi realizada a calibração para o uso. As condições de vazão de água e inclinação da mesa ideais foram determinadas empiricamente utilizando amostras cuja presença de badeleíta era conhecida. Ao fim destes procedimentos, a rotina do laboratório foi estabelecida e encontra-se em pleno funcionamento.

Após a etapa inicial, com a rotina do laboratório, percebeu-se que esta metodologia é eficaz também para a concentração de micro cristais de zircão. Durante a tentativa de concentração de badeleíta, foi encontrado zircão nos concentrados de pesado. O método clássico de concentração de zircão é pouco eficaz com microcristais deste mineral, tal qual é com a badeleíta. Rochas como as vulcânicas cujos cristais de zircão apresentam tamanho diminuto exigiam processamento de grandes volumes de material, as vezes superior a 70 kg, o que pode levar dias. Nesta metodologia é possível concentrar microcristais de zircão a partir de menos de 2 kg de amostra e em menos de um dia.

### **III.2 GEOLOGIA DOS DIQUES ASSOCIADOS AOS LINEAMENTOS MAGNÉTICOS**

Os lineamentos magnéticos identificados no mapa da primeira derivada do campo magnético total registram a colocação de um enxame de diques, essencialmente máficos. Três tipos distintos de rochas ocorrem neste enxame: sienitos, monzogabros e gabros. Os gabros são formados por labradorita, augita, ilmenita,  $\pm$  apatita,  $\pm$  pirita,  $\pm$  ortopiroxênio e  $\pm$  quartzo. Os monzogabros são formados por labradorita, augita, feldspato potássico, quartzo, ilmenita e  $\pm$  apatita. Os sienitos são formados por fenocristais de albita imersos em uma matriz com anfibólio/clinopiroxênio, feldspato potássico, quartzo, ilmenita, biotita e  $\pm$  apatita.

Três hipóteses foram consideradas para a origem destas rochas: 1) os diques encontrados podem estar relacionados ao Batólito Sienítico de Itiúba; 2) as três rochas possuem uma fonte comum em diferentes graus de diferenciação; e 3) possuir duas fontes, sendo a composição intermediária o resultado de mistura destes magmas.

Apesar da proximidade geográfica dos diques sienítico ao Batólito Sienítico de Itiúba (BSI), há importantes diferenças como seus aspectos petrográficos e a ausência de deformação nos diques. Além disso, a idade obtida em um dique de gabro deste enxame é cerca de 1,1 Ga mais nova que a de colocação do BSI.

A composição petrográfica destas três rochas é sugestiva de um *trend* de diferenciação magmática. Neste caso, a geração delas poderia ser explicado pelo fracionamento de um único magma.

Outra possível explicação para a ocorrência destes diques seria a existência de dois magmas distintos, sienito e gabro, e o monzogabro ser o resultado de mistura destes dois. Esta é uma hipótese fraca pois não foram encontradas evidências de mistura de magma em campo ou na petrografia.

A correlação de idade obtida no do dique de gabro estudado com os gabros datados na província litorânea corroboram com a hipótese de continuidade destas rochas para dentro do CSF. Além da idade, há similaridades petrográficas, porém são necessários estudos complementares para elucidar a natureza do magma, sua evolução e possíveis correlações.



## **ANEXO: JUSTIFICATIVA DOS COAUTORES**

**- Dra. Cristina Maria Burgos de Carvalho**

Coordenadora do Laboratório de Petrologia do Serviço Geológico do Brasil, Núcleo Salvador. Orientou os trabalhos nas dependências dos laboratórios sob sua responsabilidade.

**- Dra. Débora Correia Rios**

Participou da aquisição de *know how* da metodologia e adequação aos laboratórios da CPRM.

**- Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa**

Revisou o esboço inicial e forneceu importantes melhorias ao texto final.

## **APÊNDICES**

## **APÊNDICE I: GEOLOGIA E PETROGRAFIA**

## CONTEXTO GEOLÓGICO

### Cráton São Francisco

O Cráton São Francisco (CSF), localizado na plataforma continental sulamericana é formada por três núcleos arqueanos e um paleoproterozoico, além de coberturas (Almeida 1977, Barbosa & Sabaté 2004) (Figura 1). Ele teve seu último evento metamórfico no final do período paleoproterozoico ~ 2,01 Ga (Barbosa & Sabaté 2004). Ele hospeda diversos enxames de diques. Os diques objeto deste estudo intrudem indiscriminadamente todas as rochas do embasamento, mas está inserido preferencialmente no Cinturão Móvel Salvador Curaçá (CMSC).

### Cinturão Móvel Salvador Curaçá

O CMSC ocorre sob orientação N-/S na região nordeste do Estado da Bahia e corresponde à parte do Cinturão Itabuna Salvador Curaçá (CISC). Mascarenhas (1979) sugere que o CMSC se formou a partir da colisão dos núcleos arqueanos Serrinha e Remanso. Teixeira (1997) propôs que esta unidade foi formada em ambiente tectônico de um rifte arqueano que evoluiu para uma bacia oceânica que foi fechada na colisão. Devido à sua importância científica e econômica, esta região foi objeto de diversos estudos nas últimas décadas (e.g. Conceição *et al.*, 1991, Melo *et al.*, 1995, Oliveira *et al.*, 2004). Melo *et al.* (1995) realizaram o trabalho de mapeamento mais amplo na região, identificando cinco unidades litológicas distintas: Suíte São José do Jacuípe (SSJJ), Complexo Caraíba, Complexo Tanque Novo-Ipirá, Unidade Máficas e Ultramáficas e Granitoides.

A Suíte São José do Jacuípe é uma unidade máfica-ultramáfica interpretada como remanescente de crosta oceânica inserida na crosta continental durante evento colisional arqueano/paleoproterozóico e reequilibrada na fácies granulito (Melo 1991. Teixeira (1997) estudou a petrogênese concluindo tratar-se de noritos e gabronoritos cumuláticos, ricos em Mg e pobres em Ti, intercalado por níveis de leucogabros, ferrogabros e rochas ultramáficas peridotíticas-piroxeníticas. Apresenta baixa contaminação crustal. Alguns estudos geocronológicos (U-Pb<sub>Zr</sub> SHRIMP, Silva *et al.*, 1997) em granulitos que cortam esta unidade resultaram em idades de  $2695 \pm 12$  Ma e  $2634 \pm 19$  Ma limitando a idade mínima da SSJJ a pelo menos 2,7 Ga. Oliveira *et al.* (2004) dataram leucogabros desta suíte em  $2583 \pm 8$  Ma e  $2082 \pm 17$  Ma (U-Pb<sub>Zr</sub> SHRIMP). A idade mais nova (2,08 Ga) é interpretada e corresponde ao metamorfismo termal que afetou a região nordeste do CSF.

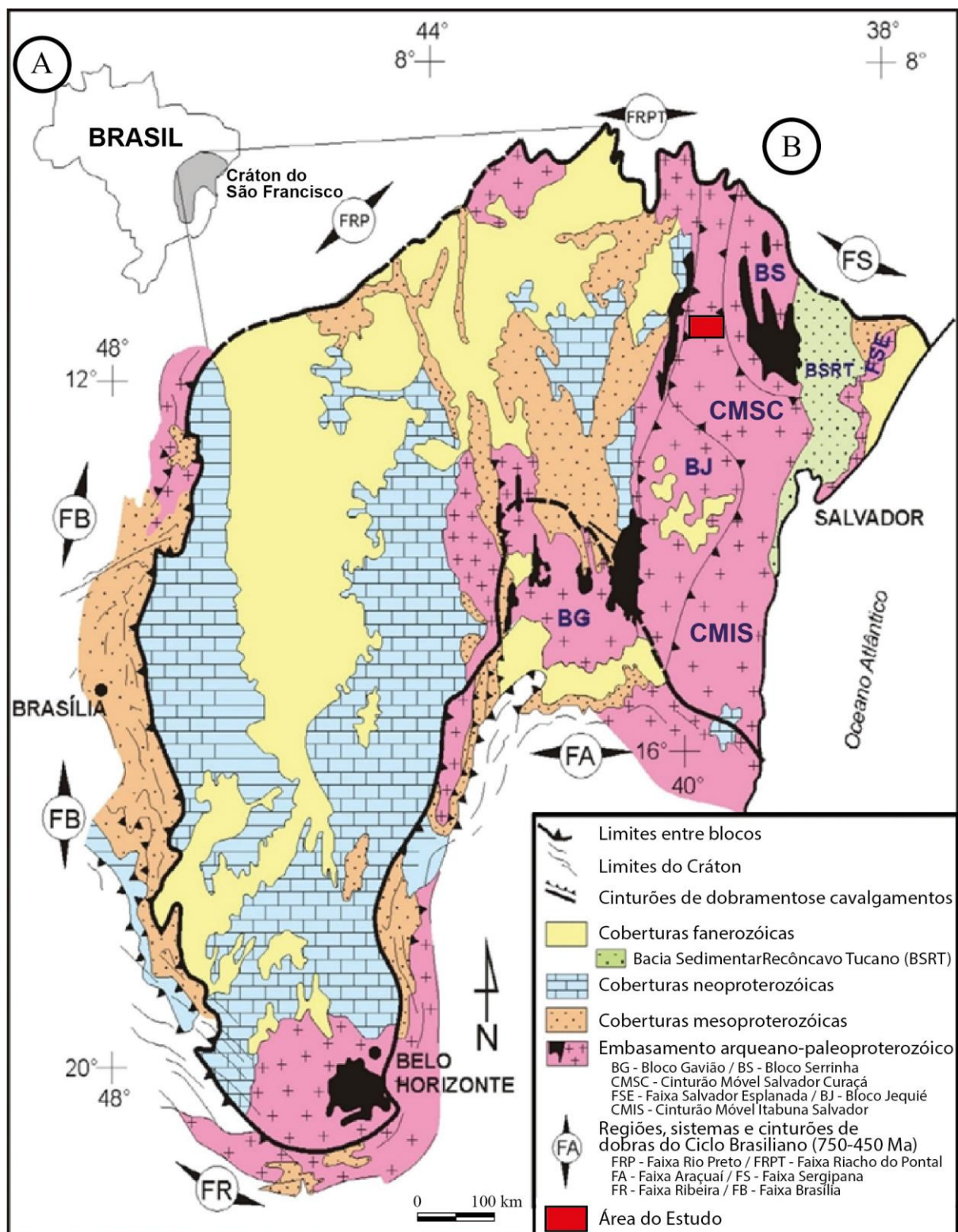


Figura 1. A) Mapa de localização do CSF no Brasil. B) Mapa geológico do CSF. Alkmin *et. al.*, (1993).

O Complexo Caraíba é a unidade de maior representatividade do CMSC (Melo *et al.* 1995). É composto por ortognaisses de composição TTG, bem como enderbitos granulíticos, granitos, trondjemitos e gabrodioritos, metamorfisados na fácies anfibolito-granulito (Teixeira 1997). Teixeira (1997) sugeriu para os ortognaisses, as rochas mais comuns, dois tipos de protólitos: calcialcalino de baixo K e calcialcalino com K normal a alto. Estes protólitos são condizentes com magmatismo formado por processos de reciclagem da crosta, com participação de sedimentos. Oliveira *et al.*, (2010) dataram (U-Pb<sub>Zr</sub> SHRIMP) um granulito tonalítico próximo da Mina Caraíba obtendo idades de  $2574 \pm 6$  Ma (cristalização) e  $2074 \pm 14$  Ma (metamorfismo termal).

Figueiroa & Silva Filho (1990) e Melo *et al.* (1995) identificaram o Complexo Tanque Novo-Ipirá como uma unidade metavulcano-sedimentar reequilibrada na fácies anfibolito-granulito. Neste complexo ocorrem tipos litológicos distintos que variam de gnaisses aluminosos, kinzigitos e rochas calcissilicáticas a rochas metamáficas e metaultramáficas, além de carbonáticas. Há ainda migmatitos e gnaisses. Estas rochas ainda não foram datadas, o que gera incertezas quanto à sua colocação na estratigrafia e evolução tectônica.

As rochas da Unidade Máfica e Ultramáfica ocorrem dispersas na região, com destaque para as localizadas a oeste do Batólito Sienítico de Itiúba (BSI), denominadas de Rochas Máfico-Ultramáficas do Vale do Curaçá (VC) e as situadas a leste do BSI, e conhecidas como Rochas Máfico-Ultramáficas do Vale do Jacurici (VJ).

As rochas do VC são descritas por Lindermayer (1981) como soleiras ou intrusões sub-concordantes diferenciadas que formam progressivamente cumulos ultramáficos e cumulos máficos na base e leuconoritos com raros anortositos no topo. Ocorre como centenas de corpos de pequena a média dimensão, potencialmente sulfetadas, e metamorfisadas na fácies granulito. Elas acompanham o *trend* regional N-S formando corpos alongados, encaixados, normalmente, em granulitos. Possuem composição de noritos e hiperstenitos, mas também há registros de peridotitos e anfibolitos (Oliveira & Tarney 1995). A ocorrência mais marcante do VC é a da Mina Caraíba, importante produtora de Cu. Um norito nesta mina foi datado (Oliveira *et al.*, 2004, U-Pb<sub>Zr</sub> SHRIMP), apresentando duas populações diferentes de zircão interpretadas como (i) magmática, representando a idade de cristalização da rocha ( $2580 \pm 10$ Ma) e (ii) cristais metamórficos, associados ao evento colisional, e datados em  $2103 \pm 23$ Ma.

O VJ é representado por dezenas de ocorrências de corpos máficos/ultramáficos de dimensões variadas – dezenas a milhares de metros quadrados, distribuídos em uma faixa norte-sul com cerca de 70 km de extensão, localizada a leste do BSI (Oliveira *et al.*, 2004). O projeto Uauá – Monte Santo da CPRM (Teixeira 2015) associa estas ocorrências ao Núcleo Serrinha enquanto outras referências as consideram parte do CMSC. São compostas em especial por dunitos, harzburgitos e rochas gabróicas. As rochas do VJ são mineralizadas em cromo, hospedando camadas de cromitito maciço com 5-8 m de espessura, além de Cr disseminado. O minério apresenta-se estratigraficamente acima dos granulitos e abaixo de serpentina-mármore. Alguns destes corpos mineralizados são explorados pela FERBASA (Marques 2001). Durante a exploração da mina subterrânea da empresa, foi descoberto que estes corpos formam camadas de alto ângulo, com sinformes apertados em profundidades ainda econômicas. Oliveira *et al.* (2004) dataram o norito (U-Pb<sub>Zr</sub> SHRIMP), e interpretaram a idade de  $2085 \pm 5$  Ma obtida como a idade de cristalização do corpo.

Por toda extensão do CMSC ocorrem granitoides. Eles normalmente acompanham o *trend* regional N-S e são tardios ou pós tectônicos. O corpo de maior expressão na região é o Batólito Sienítico de Itiúba: (BSI) um corpo com cerca de 150 km de extensão, alongado no sentido N-S que forma uma grande serra no CMSC. Conceição *et al.* (2003) apresentam uma idade de  $2095 \pm 5$  (Pb-Pb) interpretada como idade mínima de cristalização. Os dados sugerem, portanto, que sua colocação é posterior ao pico do evento metamórfico termal que afeta toda a região nordeste do CSF. Este evento metamórfico foi datado por Silva *et al.* (2002) entre 2,05 Ga e 2,08 Ga.

Além destas unidades principais, há no CMSC várias ocorrências de diques máficos, com destaque para os Diques de Aroeira (Piaia, 2011), o Dique Máfico Espanta Gado (Huttner, 2017), além de corpos kimberlíticos (Nannini *et al.*, 2017, Nascimento *et al.*, 2018, Santos *et al.*, 2018).

Diques de Aroeira é o nome genérico dado para um enxame de rochas máficas posteriores à SSJJ que ocorrem dentro do CMSC. Gava *et al.* (1983) foram os primeiros a mencionar estes corpos, tratando-os genericamente como um "grupo", e levantando a possibilidade de poder haver mais de um tipo de rocha inserido neste conjunto. Estas rochas ocorrem na região próxima à ocorrência da SSJJ, e truncam esta unidade. Piaia (2011) apresenta dados litoquímicos que permitem identificar quatro conjuntos com comportamento químicos distintos.



O Dique Máfico Espanta Gado, estudado por Huttner (2017), é um corpo máfico de composição gabróica que ocorre associado a uma assinatura magnética que se estende por dezenas de quilômetros com orientação geral N330. Este corpo foi datado por U-Pb em badeleíta (ID-TIMS), obtendo-se uma idade de  $911 \pm 27$  Ma (Huttner 2017). O corpo datado corresponde ao ponto NS 3252 na figura 2. Esta idade é compatível com outras duas em badeleíta no Estado da Bahia em diques máficos associados à Província Litorânea: em Salvador foram obtidas as idades de  $924,2 \pm 3,8$  Ma e  $921,5 \pm 4,3$  Ma por ID-TIMS (Heaman 1991, Evans *et al.*, 2015); e em Ilhéus foram obtidas as idades  $926,1 \pm 4,6$  Ma e  $918,2 \pm 5,7$  Ma (Evans *et al.*, 2015). Correa Gomes e Oliveira (2000) propuseram a possibilidade dos diques pertencentes à província litorânea se continuarem para NW, esta hipótese é reforçada por esta idade.

Nesta região do CMSC ocorre ainda um dique lamproítico transicional diamantífero (Nascimento *et al.*, 2018, Santos *et al.*, 2018), atribuído à Província Kimberlítica Nordestina (PKN). A PKN inclui ainda os vários diques e *pipes* do Campo Kimberlítico Braúna, que se dispõem em um *trend* NNW-SSE (Nannini *et al.*, 2017), a leste do alinhamento magnético relacionado ao Dique Máfico Espanta Gado. O *pipe* B3 está em fase de produção pela Lipari Mineração e foi datado por U-Pb em perovskita (ID-TIMS) em  $642 \pm 6$  Ma (Donatti-Filho *et al.*, 2013).

## **GEOLOGIA LOCAL**

A região objeto deste trabalho possui 3.000 km<sup>2</sup> de área formando um retângulo de 50 km por 60 km. Apesar da grande área de ocorrência, é importante ressaltar que o objeto de estudo se limita aos diques presentes em três lineamentos magnéticos regionais de orientação geral NNW-SSW, aqui denominados lineamento oeste, lineamento central e lineamento leste (Figura 2). Em campo essas rochas não apresentam evidências de deformação ou metamorfismo e truncam o embasamento Paleoproterozoico. A partir do mapa geofísico foi possível inferir que os lineamentos regionais são formados por segmentos intermitentes, alinhados e próximos entre si.

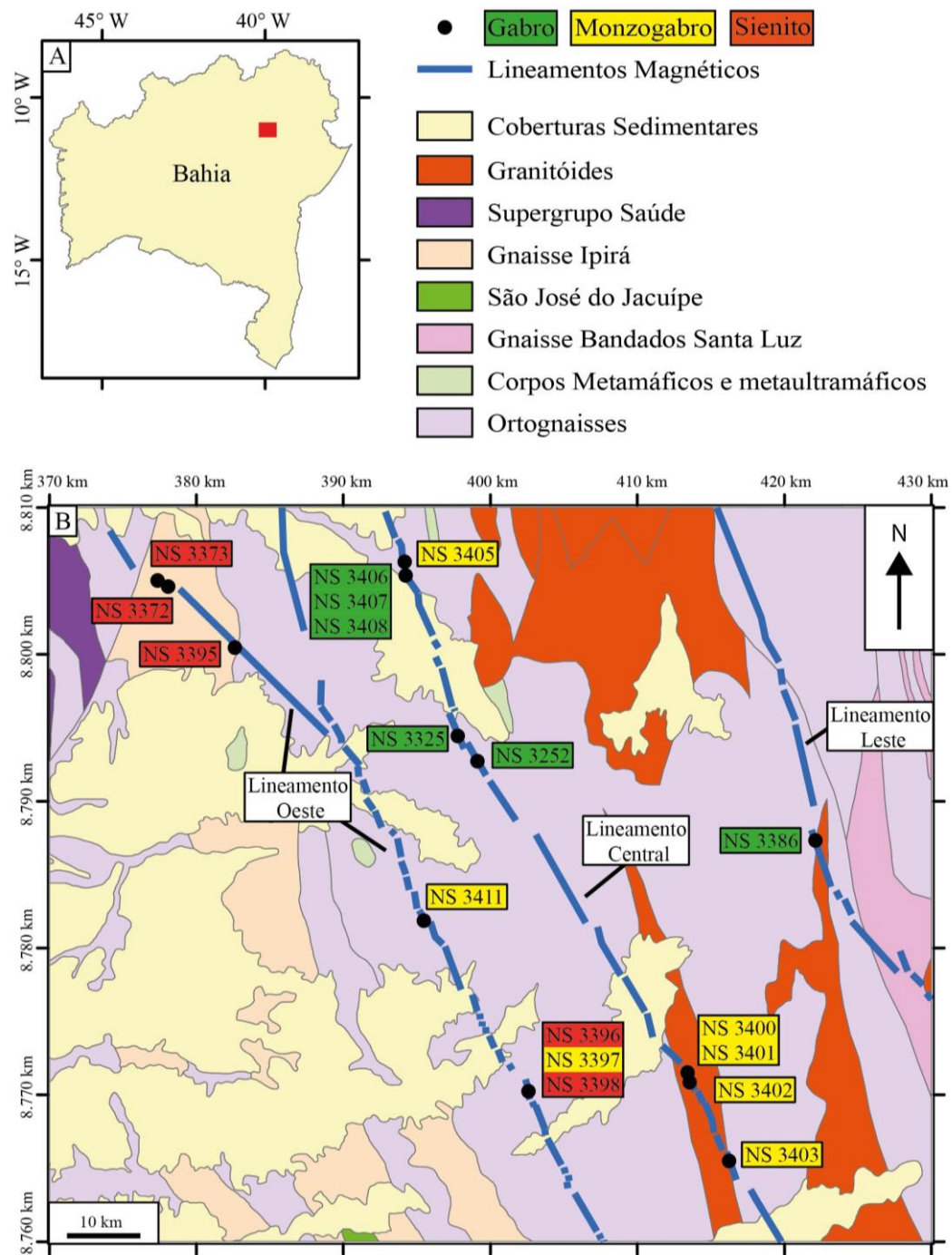


Figura 2. A) Mapa de localização da área de estudo. B) Mapa geológico com pontos de amostragem. Modificado de CPRM (2004).

A região de ocorrência possui relevo levemente ondulado, dominado por regiões baixas onde ocorre acúmulo de sedimentos, e regiões elevadas onde frequentemente ocorre exposições dos granitos e gnaisses do embasamento.

Os afloramentos ocorrem como blocos residuais, muitos dos quais com alteração esferoidal tipo “casca de cebola”. Onde eles se encontram mais preservados, é possível visualizar o alinhamento formado pelos blocos de rocha que reflete a orientação dos diques. Em campo três variedades de rocha foram identificadas: (i) sienito – rocha de cor castanha com minerais de coloração rosa e verde, feldspato alcalino e anfibólio, (Figuras 3A e Bb); (ii) monzogabros – rocha de cor cinza esverdeada e escura, rica em minerais máficos e com diversos pontos rosados interpretados como feldspato alcalino (Figuras 3C e 3D); e (iii) gabros – rocha de cor escura, cinza esverdeada, composta essencialmente por plagioclásio e clinopiroxênio (Figuras 3E e 3F).

O lineamento oeste pode ser subdividido na porção norte, onde há uma inflexão em relação à orientação regional e porção sul, concordante com a orientação regional. A porção norte, de alinhamento NW-SE foi amostrada em três pontos diferentes. Nela ocorre sienito porfirítico de granulação média. Em sua porção sul ocorrem monzogabros e sienitos, com destaque para um ponto em que ocorre monzogabro e dois sienitos porfiríticos, um de granulação fanerítica média e outro de granulação fanerítica fina.

No lineamento central foi encontrada exposição de rocha com maior frequência. Nele foram observados monzogabros no Norte e no Sul e gabros no centro. No afloramento de gabro mais ao norte foi possível realizar um perfil transversal no dique com coleta de amostras das bordas WSW, ENE e centro (respectivamente as amostras NS 3406, NS 3407 e NS 3408).

No lineamento leste apenas uma exposição foi encontrada. Nela foi verificada a ocorrência de gabro.

## **PETROGRAFIA**

As informações referentes aos lineamentos magnéticos foram associadas às análises petrográficas permitindo associar os diques estudados a três grupos distintos: (i) sienitos; (ii) monzogabros; e (iii) gabros. Os dados modais e mineralógicos estão apresentados na Tabela 1.



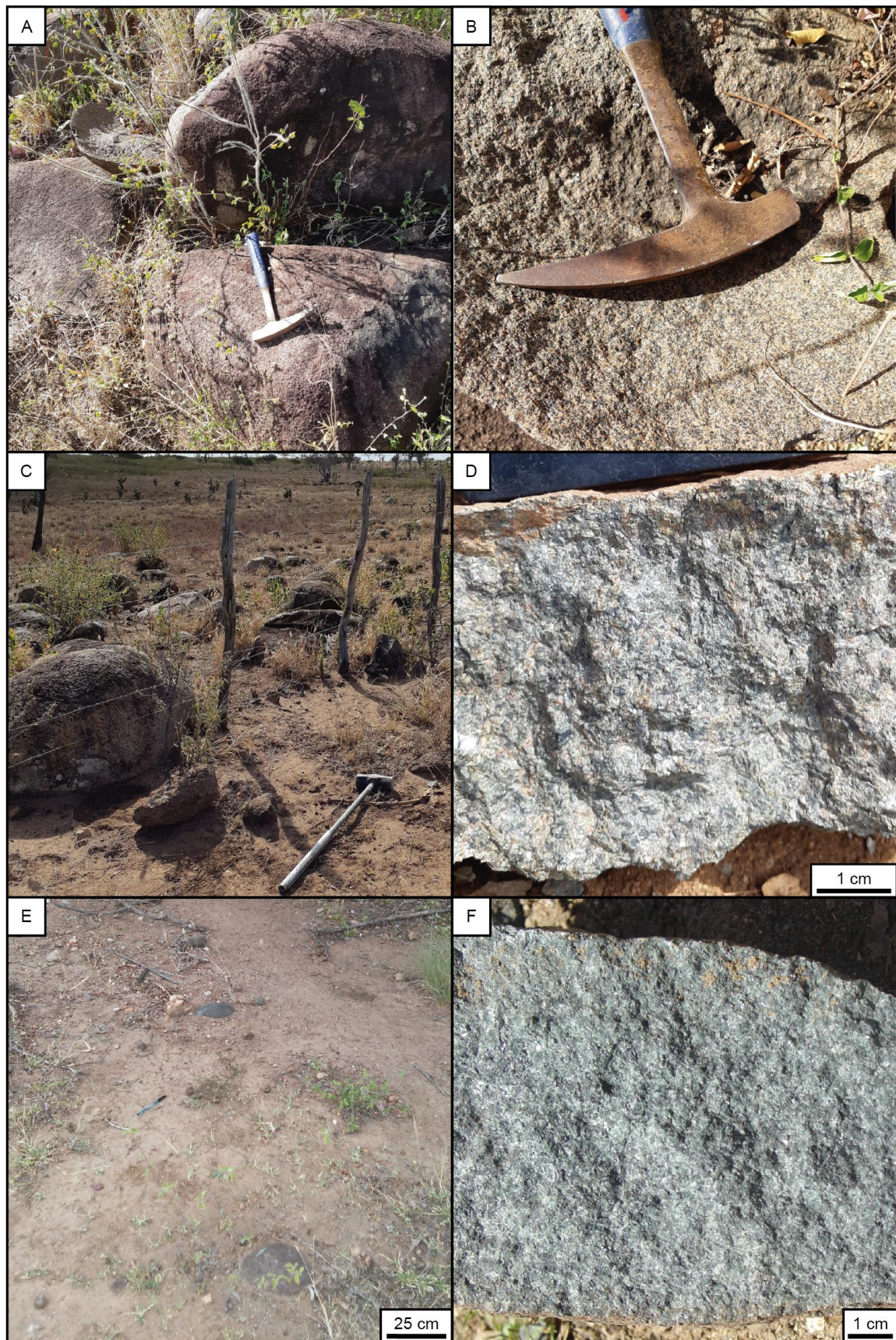


Figura 3. Imagens de campo das rochas estudadas. A) Alinhamento de blocos do sienito NS 3372. B) aspecto de campo do sienito NS 3372. C) alinhamento de blocos do monzogabro NS 3402. D) aspecto de campo do monzogabro NS 3400. E) alinhamento de blocos do gabros NS 3252. F) aspecto de campo do gabro NS 3252.



	Amostra	Sienitos					Monzogabros							Gabros					
		NS 3372	NS 3373	NS 3395	NS 3396	NS 3398	NS 3397	NS 3400	NS 3401	NS 3402	NS 3403	NS 3405	NS 3411	NS 3252	NS 3325	NS 3386	NS 3406	NS 3407	NS 3408
Moda	Orientação do dique	N313	N307	N315	N343	N343	N343	N336	N336	N338	N340	N355	N327	N330	N335	N345	N326	N326	N326
	Fenocristais de Albita	45	41	39	62	49													
	Plagioclásio						52	45	54	53	52	42	42	39	47	49	63	60	55
	Feldspato Potássico	24	24	23	18	12	9	13	17	14	16	17	14						
	Ortopiroxênio													4					
	Clinopiroxênio						23	21	18	22	24	34	30	38	44	45	32	34	39
	Anfibolio	16	24	20	13	21													
	Quartzo	2	3	5	3	10	2	4	6	6	4	6	4				3	2	2
	Opacos	7	5	7	3	2	8	12	3	5	3	1	8	10	6	6	2	4	4
	Apatita	3	<0,5	3		<0,5	6	5	2	<0,5	1		2	9	3		<0,5	<0,5	<0,5
	Mica	3	3	3	1	6													
QAP	Q	3	4	7	4	14	3	6	8	8	6	9	7				5	3	4
	A	97	96	93	96	86	14	21	22	19	22	27	23						
	P						83	73	70	73	72	64	70	100	100	100	95	97	96
Q(A+P)M	Q	2	3	5	3	10	2	4	6	6	4	6	4				3	2	2
	A+P	69	65	62	80	61	61	58	81	67	68	60	56	39	47	49	63	60	55
	M	29	32	33	17	29	37	38	23	27	28	36	40	61	53	51	34	38	43

Tabela 1. Composição modal e parâmetros petrográficos.

## **Sienitos**

Os diques de sienito correspondem a rochas porfiríticas, leucocráticas, de granulação fanerítica média formada por fenocristais milimétricos de albita (~2,0 mm, 1,0-6,0 mm) cujos interstícios são ocupados por uma matriz mais fina (~0,6 mm) e constituída de feldspato alcalino, hornblenda, quartzo e minerais opacos (Figuras 4a e 4b). Cristais de apatita e biotita ocorrem como minerais acessórios e a apatita e os minerais opacos encontram-se inclusos nas demais fases minerais. Estas rochas correspondem a álcali sienito e quartzo álcali sienito (Figura 5).

Os fenocristais de albita euédrica correspondem a 40-60 % da rocha. Apresenta geminação Albita, não possuem zoneamento e contatos predominantemente retos com as demais fases minerais. Dispersos aleatoriamente nestes fenocristais ocorrem inclusões de apatita e minerais opacos. Este mineral apresenta intensa transformação para epidoto.

O k-feldspato da matriz ocorre como cristais subédricos e anédricos. Os contatos com os fenocristais de albita e com a apatita são retos enquanto com as demais fases minerais são predominantemente irregulares. Os cristais frequentemente apresentam textura gráfica e alteram parcialmente para sericita.

A hornblenda ocorre como cristais subédricos a anédricos. Apresenta pleocroísmo com cor variando em tons de verde e verde amarronzado. Faz contato reto com os fenocristais de albita e cristais de apatita e contato irregular com as demais fases minerais. A relação de contato com os fenocristais de albita caracteriza textura subofítica. Alguns cristais apresentam vestígios de augita em seu interior, o que sugere a alteração deste mineral para hornblenda ou crescimento de hornblenda nucleado em cristais de augita formando textura de coroa de alteração ou crescimento. Alguns cristais apresentam alteração parcial a total para clorita e argilominerais. Além da ocorrência de quartzo em textura gráfica, há cristais de quartzo na matriz. Ocorrem anédricos a subédricos com contatos retos com os pórfiros de albita e irregulares com as demais fases minerais.



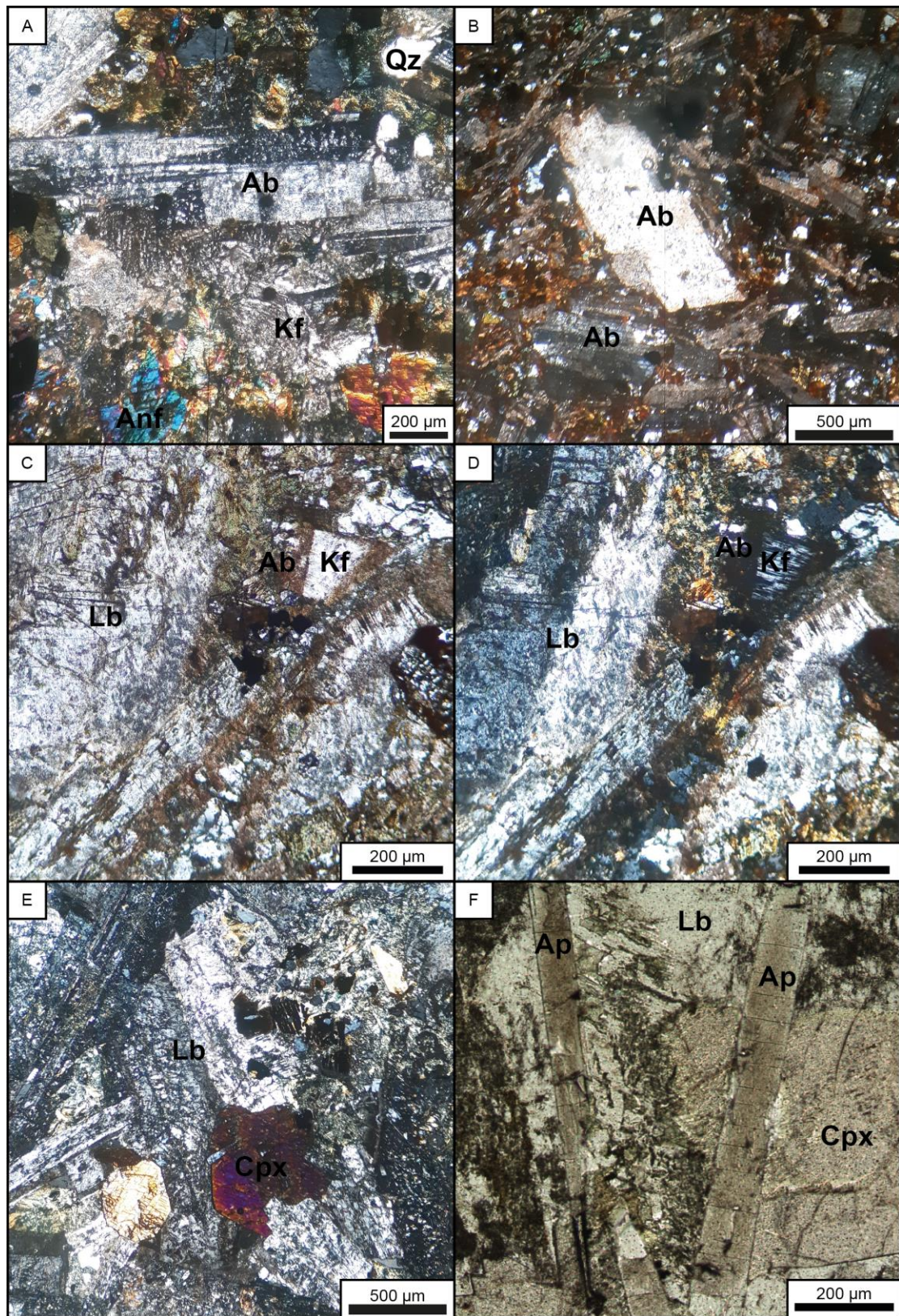


Figura 4. Aspectos texturais das rochas: A) textura gráfica no k-feldspato e alteração nos cristais de albita (sienito NS 3372); B) textura porfírica e alteração nos cristais de albita (sienitos NS 3398); C) borda de albita no k-feldspato (monzogabro NS 3411); D) textura gráfica no k-feldspato e alteração na labradorita (monzogabro NS 3411); E) textura subofítica e alteração na labradorita (gabro NS 3408); F) apatita de cor amarronzada sugestiva de presença de microinclusões (gabro NS 3252). Ab = Albite; Anf = Anfibólio; Ap = Apatita; Cpx = Clinopiroxênio; Kf = Feldspato Alcalino; Lb = Labradorita; Qz = Quartzo.



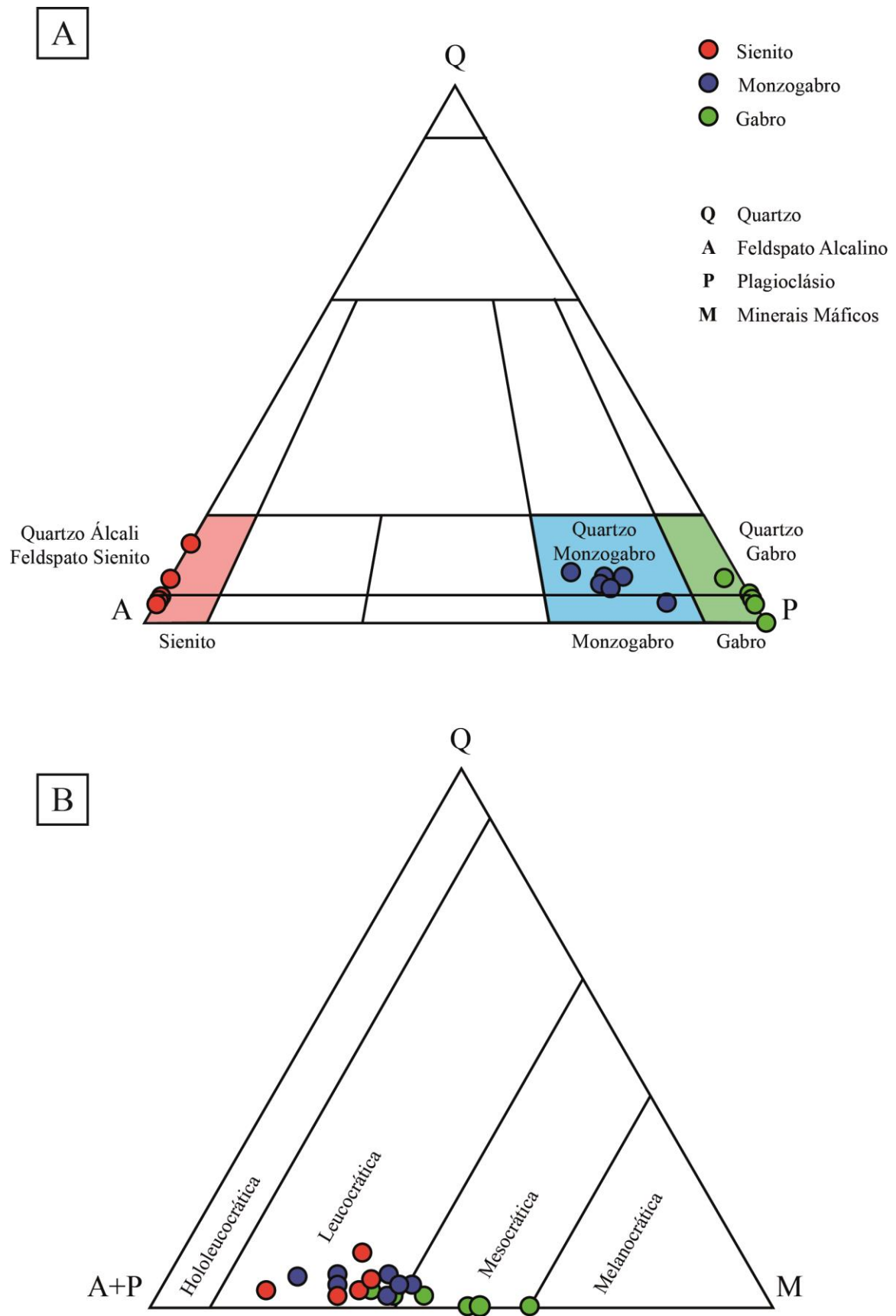


Figura 5. A) Diagrama QAP e B) Diagrama Q(A+P)M. Streckeisen (1973).



Os minerais opacos são correspondem essencialmente à ilmenita e pirita subordinada. Os cristais de ilmenita são anédricos e apresentam ampla variação de tamanho (0,05-0,8 mm). É frequente a transformação de ilmenita em titanita. Os cristais de pirita são predominantemente anédricos mas há cristais de hábito cúbico. Ambos os minerais formam contatos irregulares com as demais fases minerais e texturas de corrosão.

A biotita ocorre em cristais anédricos. Apresenta pleocroísmo com cor variando entre marrom e marrom acastanhado e por vezes esverdeado. Faz contato irregular com as demais fases minerais e encontra-se associado ao anfibólio.

Os cristais de apatita são euédricos e forma contatos retos com as demais fases minerais.

### **Monzogabros**

Os diques de monzogabro correspondem a rochas de granulação média constituídas por cristais maiores de labradorita (~2,0 mm, 1,0-5,0 mm) e clinopiroxênio (~0,8 mm, 0,2-1,2 mm) e cristais menores de feldspato alcalino, minerais opacos e quartzo (~0,4-0,6 mm), além de apatita como mineral acessório (Figuras 4c e 4d). Os cristais de apatita e de minerais opacos ocorrem inclusos nas demais fases minerais. Estas rochas correspondem a monzogabro e quartzo monzogabro (Figura 5).

Os cristais de labradorita ocorrem como ripas euédricas com geminações albita e albita-Carlsbad. Fazem contatos predominantemente retos com as demais fases minerais. Não apresentam zoneamento e encontram-se intensamente alterados para epidoto.

Os cristais de augita ocorrem subédricos a anédricos com pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Os contatos retos com as ripas de labradorita e contatos irregulares com as demais fases minerais. Sua relação com a labradorita forma textura subofítica, e por vezes ofítica. Apresentam alteração parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais, inclusive formando coroas e bordas nos cristais menos alterados.

O feldspato alcalino ocorre como cristais subédricos a anédricos, por vezes formando pequenas ripas. Os contatos com as ripas de labradorita e apatita são predominantemente retos enquanto os contatos com as demais fases minerais são

irregulares. Os cristais apresentam intensa alteração para epidoto, bem como são comuns bordas de albita.

Os cristais de minerais opacos são anédricos, com contatos irregulares com as demais fases minerais e bordas de corrosão. A textura esquelética é frequente. Foram identificados cristais de pirita, bem como ilmenita associada a titanita.

Os cristais de quartzo ocorrem anédricos a subédricos, com contatos predominantemente retos com as ripas de labradorita e apatita e contatos irregulares com as demais fases minerais.

A apatita ocorre como cristais euédricos (~0,4 mm, 0,05-0,8 mm) transparente nas bordas e amarronzado no centro. Forma contatos retos com as demais fases minerais.

## **Gabros**

Os diques de gabro tem granulação fanerítica média formada por labradorita (~2,0 mm, 0,2-4,0 mm), augita (~ 0,8 mm, 0,2-1,2 mm) e cristais menores de minerais opacos (0,6 mm, 0,05-1,0 mm), além de  $\pm$  apatita,  $\pm$  quartzo e  $\pm$  ortopiroxênio como fases acessórias (Figuras 4e e 4f). Também foram observados cristais de badeleíta menores que 0,01 mm. A apatita e os minerais opacos encontram-se inclusos nas demais fases minerais. Estas rochas correspondem a gabro e quartzo gabro (Figura 5).

A labradorita ocorrem de duas formas: euédrica maior (~2,0 mm) e como cristais subédricos menores (0,6 mm). Os cristais apresentam geminação albita e albita-Carlsbad. Os contatos são predominantemente retos com as demais fases minerais enquanto os cristais subédricos formam contatos irregulares. Algumas ripas apresentam zoneamento normal do centro para a borda. É comum a presença de alteração para mica branca e epidoto.

A augita ocorre como cristais subédricos a anédricos de com pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Tem contatos retos com o plagioclásio e apatita e contatos irregulares com as demais fases minerais. Foram observadas as texturas subofítica e em alguns casos ofíticas na relação entre e a labradorita, bem como bordas de alteração para anfibólio. O mineral apresenta cristais com alteração parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais.

Os minerais opacos ocorrem como cristais anédricos com contatos irregulares com as demais fases minerais e bordas de corrosão. A textura esquelética é frequente. Em uma das amostras foi verificado que esta textura é formada pela exsolução de lamelas ilmenita a partir de titanita. Foi verificada a presença predominante de ilmenita, além de outras fases minerais subordinadas como barita e os sulfetos pirita, calcopirita e esfarelita.

Os cristais de apatita (~0,6 mm, 0,05-1,0 mm) são euédricos, transparentes nas bordas e marrons no centro e formam contatos retos com as demais fases minerais.

O quartzo ocorre como cristais anédricos de 0,05 a 0,04 mm, com contatos retos com as ripas de labradorita e apatita e contatos irregulares com as demais fases minerais.

Em uma amostra foi verificada a presença de ortopiroxênio. Ele ocorre subédrico em cor marrom e forma contatos retos com a labradorita e apatita e contato irregular com as demais fases minerais. Encontra-se sob intensa alteração para argilominerais.

## **CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICA**

Este estudo indica que a ocorrência do enxame de rochas filonianas em superfície – sienitos/monzogabros/gabros – está associada aos lineamentos magnéticos de orientação geral NNW-SSE. Este enxame de diques estende-se por cerca de 60 km, podendo a partir dos dados geofísicos, inferir a sua continuidade por quase 200 km. Eles cortam indistintamente os terrenos do CMSC, Bloco Gavião e Bloco Serrinha, o que indica que são posteriores a consolidação do CSF.

Foram observadas as texturas de corrosão e bordas de crescimento, sugestivas de cristalização complexa com múltiplas etapas. A cristalização da apatita e dos minerais opacos ocorreu na etapa inicial dos três grupos de rocha. Em sequência houve uma fase de resfriamento mais lento para formar os fenocristais de albita nos sienitos e cristais de labradorita nos gabros e monzogabro. A formação dos cristais de clinopiroxênio/anfibólio ocorreu simultaneamente e posterior à cristalização de labradorita. Em seguida houve alteração das condições físico-químicas que permitiu a formação dos demais minerais. Por fim houve intensa alteração na rocha marcada pela transformação de labradorita em epidoto e mica branca, de augita em anfibólio e clorita, anfibólio em clorita e de ilmenita em titanita.

Foram consideradas três hipóteses para a origem deste conjunto de rochas: (i) estes diques ocorrem relacionados ao BSI; (ii) os três grupos de rocha são produto cristalização fracionada a partir de um único magma; ou (iii) as rochas se formaram a partir de dois magmas um com a composição do sienitos e outro com a composição do gabro, e o monzogabro como produto da mistura dos dois.

Apesar da proximidade geográfica deste enxame de diques ao BSI, eles diferem em características petrográficas bem como idade. O BSI é muito mais rico em feldspato potássico e apresenta texturas deformacionais e enclaves, enquanto o sienito do enxame de diques é caracterizado por maior teor de feldspato sódico e não apresentar texturas de deformação. A idade obtida em um gabro deste enxame também difere muito do BSI, sendo cerca de 1,1 Ga mais jovem.

As composições mineral e modal destas rochas são sugestivas de um *trend* de diferenciação por cristalização fracionada. Nesta hipótese, o primeiro magma a ser colocado apresenta composição do gabro, com um segundo pulso de composição de monzogabro e um terceiro na composição de sienito.

A terceira hipótese requer uma situação mais complexa com a presença de duas fontes de magma de composição máfica e félsica para formar o gabro e sienito, respectivamente. O monzogabro pode ser explicado como o produto da mistura entre estes dois magmas. Além de uma situação mais complexa, pesa contra esta possibilidade a ausência de evidências de campo e petrográficas de mistura de magmas.

Nenhuma destas possibilidades pode ser explicada simplesmente com descrição petrográfica e tornam necessários estudos adicionais para a elucidação da história geológica deste enxame. São necessários, ao menos estudos geoquímicos para a proposta de um modelo mais robusto.

A ocorrência de duas granulações de sienito em um mesmo ponto foi interpretada como borda e núcleo de dique, em que a textura grossa está no centro e a fina nas bordas.

A idade de  $911 \pm 24$  Ma para o gabro presente no lineamento no centro da área de estudo (Huttner 2017), similar a idades dos diques da província litorânea estudados por Heaman (1991) Evans *et al.* (2015) reforçam hipótese levantada por Correa Gomes *et al.* (2000) de extensão desta província para o centro do CSF. Estudos geoquímicos em andamento deverão trazer luz quanto à natureza do magma, sua evolução e possíveis correlações.

## REFERÊNCIAS

- Alkmim F.F., Brito Neves B.B., Castro Alves J.A. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – Uma revisão. In: Dominguez J M.L., Misi A. (Eds.). O Cráton do São Francisco. Salvador: SBG/SGM/CNPq. p. 45–62.
- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7:349-364.
- Barbosa J.S.F. & Sabaté P. 2004 Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Cráton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 133:1-27.
- Conceição H., Rosa M.L.S., Macambira M.J.B., Scheller T., Marinho M.M., Rios D.C. 2003. 2.09 Ga idade mínima da cristalização do Batólito Sienítico Itiúba: um problema para o posicionamento do clímax do metamorfismo granulítico (2,05-2,08 ga) no Cinturão Móvel Salvador-Curaçá, Bahia?. *Revista Brasileira de Geociências*, 33:391-394.
- Conceição H., Sabaté P., Bonin B. 1991. The Itiúba alkaline syenite massif, Bahia State (Brazil): mineralogical, geochemical and petrological constraints – relation to the genesis of rapakivi magmatism. *Precambrian Research*, 51:283-314.
- Correa-Gomes L.C. & Oliveira E.P. 2000. Radiating 1.0 Ga mafic dyke swarms of eastern Brazil and western Africa: evidence of post-assembly extension in the Rodinia supercontinent?. *Gondwana Research*, 3:325-332.
- CPRM Serviço Geológico do Brasil. 2004. Mapa geológico do estado da Bahia. Brasil: Geobank. Arquivos vetoriais. Escala 1:1.000.000. Disponível em: < <http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- Donatti Filho, J.P., Tappe, S., Oliveira, E.P., Heaman, L.M. 2013. Age and origin of the Neoproterozoic Brauna kimberlites: Melt generation within the metasomatized base of the São Francisco craton, Brazil. *Chemical Geology*, 353-1:19-35.
- Evans D.A.D., Trindade R.I.F., Catelani E.L., D'Agrella-Filho M.S., Heaman L.M., Oliveira E.P., SODERLUND U., Ernst R.E., Smirnov A.V., Salminen J.M. 2015. Return to Rodinia? Moderate to high palaeolatitude of the São Francisco/Congo craton at 920 Ma. *Geological Society London Special Publications* 424:1.
- Figueiroa I., Silva Filho M.A. 1990. Folha Petrolina (SC.24-V-C-III): estados de Pernambuco e Bahia. Brasília. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- Gava A., Nascimento D.A., Vidal J.L.B., Ghignone J.I., Oliveira E.P., Santiago Filho A.L., Teixeira W. 1983. Geologia In: Projeto RADAM BRASIL. Folhas SC.24/25. Levantamento de Recursos Naturais 30:27-376.
- Heaman L.M., 1991: U/Pb dating of giant radiating dyke swarms: potential for global correlation of mafic magmatic events. *International Symposium of mafic dykes. Extended abstracts* 7-9.
- Huttner M.B. 2017. Geocronologia U-Pb por Badeleíta no Gabro Espanta Gado, Nordeste da Bahia, Brasil. Graduation Thesis. Universidade Federal da Bahia. 111 p.

- Lindermayer Z.G. 1981. Geological evolution of Vale do Rio Curaçá and of copper mineralized mafic-ultramafic bodies. In: Inda H.A.V., Marinho M.M., Duarte F.B. (eds.). *Geologia e recursos minerais da Bahia: textos básicos*. Salvador, p. 72-111.
- Marques J.C. 2001. Petrologia e metalogênese do depósito de cromita do sill Ipueira-Medrado, vale do Rio Jacurici-Bahia. PhD thesis. Universidade de Brasília.
- Mascarenhas J.F. 1979. Evolução geotectônica do pré-cambriano do Estado da Bahia. In: Inda H.A.V. (eds.). *Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia*. Salvador. P. 57-165.
- Melo R.C. (eds.) 1991. Pintadas, folha SC.24-Y-D-V: Estado da Bahia: Texto explicativo. Salvador.
- Melo R.C., Loureiro H.S.C., Pereira L.H.M. 1995. Serrinha, folha SC.24-Y-D: Estado da Bahia escala 1:250.000. Brasília.
- Nannini F., Neto I.C., Silveira F.V., Cunha L.M., Oliveira R.G. (eds.). 2017. Projeto Diamante Brasil: Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia. Serviço Geológico do Brasil, 29 p.
- Nascimento M.A., Rios D.C., Santos I.P.L., Conceição H. 2018. Ilmenitas Manganésíferas e suas Implicações para Kimberlitos Diamantíferos: Estudo de Caso no Dique Kimberlítico de Aroeira, Província Kimberlítica Nordestina, Bahia. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* - 41-3:658-671.
- Oliveira E.P. & Tarney J. 1995. Genesis of the copper-rich Caraíba norite-hypersthene complex, Brazil. *Mineralium Deposita*, 30:351-373
- Oliveira E.P., McNaughton N.J., Armstrong R. 2010. Mesoarchean to Palaeoproterozoic growth of the northern segment of the Itabuna–Salvador–Curaçá orogen, São Francisco craton, Brazil. In: Geological Society of London Special Publication 338:263-284.
- Oliveira E.P., Windley B.F., McNaughton N.J., Pimentel M., Fletcher I.R. 2004. Contrasting copper and chromium metallogenic evolution of terranes in the Palaeoproterozoic Itabuna–Salvador–Curaçá orogen, São Francisco craton, Brazil: new zircon (SHRIMP) and Sm–Nd (model) ages and their significance for orogen-parallel escape tectonics. *Precambrian Research*, 128:143-165.
- Piaia P. 2011. Geoquímica de Rochas Máficas da Região de São José do Jacuípe, Segmento Norte do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, Cráton do São Francisco, Bahia. Msc Thesis. Universidade de Brasília. p. 159.
- Santos, I.P.L., Rios, D.C., Silveira, F.V., Fernandes, P.C.A., Conceição, H. 2018. A Província Kimberlítica Nordestina, Bahia, Brasil: Aspectos Geológicos e Petrográficos. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* (submetido).
- Silva L.C., Armstrong A., Delgado I.M., Pimentel M., Arcanjo J.B., Melo R.C., Teixeira L., Jost H., Cardoso Filho J.M., Pereira L.H.M. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte I: limite centro-oriental do Cráton São Francisco na Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 32:501-512.
- Silva, L.C., McNaughton N.P., Melo R.C., Fletcher I.R. 1997. U–Pb SHRIMP ages in the Itabuna–Caraíba TTG high-grade Complex: the first window beyond the

Paleoproterozoic overprint of the eastern Jequié Craton, NE Brazil. In: International Symposium on Granites and Associated Mineralization (ISGAM). *Abstracts*. p. 282-283.

Streckeisen A., 1973. Plutonic rocks. Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*. Vol.18, No.10, p. 26–30.

Teixeira L. 1997. O complexo Caraíba e a suíte São José do Jacuípe no cinturão Salvador-Curaçá (Bahia-Brasil): petrologia, geoquímica e potencial metalogenético. Phd thesis. Universidade Federal da Bahia. p. 202.

Teixeira L. 2015. Projeto Uauá - Monte Santo: relatório temático de litogeoquímica. CPRM. p. 75.

## **APÊNDICE II: FICHAS DE AFLORAMENTOS**



## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P02/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		378114 8804671

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado a norte da cidade de Ponto Novo. Sai da cidade para o norte na BR-407, em direção a Senhor do Bonfim. Fica do lado leste da estrada em uma propriedade rural ainda próxima à cidade. Há um acentuado desnível para baixo ao lado da estrada para acessar a propriedade.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique Sienito

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N313	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3372

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em blocos residuais arredondados de 30 cm a 2 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em esfoliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha apresenta cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui textura porfírica com matriz de granulação média. É constituída por fenocristais de feldspato alcalino de até 5 mm imersos em matriz de k-feldspato máficos (anfíbólio/clinopiroxênio?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3372 - Blocos arredondados de até 2 m de comprimento e alinhados em direção NW-SE



NS-3372 - Aspecto da rocha não alterada. Textura porfírica e matriz de granulação média



## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P03/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		377368	8805012

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada carroçável a oeste da saída norte da cidade de Ponto Novo pela BR-407, em direção a Senhor do Bonfim. O ponto fica a sul da estrada de terra em uma propriedade rural. No dia da visita não havia plantações e o local fica após vegetação natural.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique Sienito

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N307	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3373

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em blocos residuais arredondados de 30 cm a 2 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em esfoliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha apresenta cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui textura porfirítica com matriz de granulação média e sua mineralogia é composta por fenocristais de feldspato alcalino de até 5 mm imersos em matriz de k-feldspato máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3373 - Blocos arredondados de até 2 m de comprimento e alinhados em direção NW-SE.



NS-3373 - Rocha formada por pórfiros de feldspato alcalino imersos em matriz de granulação média.



## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P13/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		422116	8787320

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada de terra batida entre a sede do município de Queimadas e o povoado de Espanta Gado, no mesmo município. A estrada corresponde à saída oeste da cidade. O afloramento está em uma propriedade rural a sul da estrada em uma ravina como um dique parcialmente encoberto pelo solo.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique gabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N345	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3386

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em dique intemperizado com alguns fragmentos de rocha mais preservados. A rocha apresenta cor cinza escura esverdeada, possui granulação média e composta por plagioclásio e minerais máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3386 - Dique máfico de orientação N345. Ocorre com espessura de cerca de 50 cm.

## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P18/M26**

<b>3.</b>	Folha-Mapa	<b>4.</b>	Escala do Mapa	<b>5.</b>	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		382652	8800457

### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada de terra batida a leste da cidade de Ponto Novo. Sai pela BR-407 pelo Norte em direção a Senhor do Bonfim e vira para o leste na primeira estrada após o Rio Itapicuru. O afloramento ocorre como blocos residuais que cortam a estrada próximos a um riacho que também corta a estrada.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique Sienito

<b>8. Elementos Estruturais</b>			
Orientação		N315	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3395

### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento com blocos residuais esféricos de 30 cm a 1,5 m de diâmetro. Os blocos apresentam alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui textura porfirítica e granulação média e composta por fenocristais de feldspato alcalino de até 5 mm imersos em matriz de k-feldspato máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3395 - Bloco residual rosa acinzentado com cerca de 15 cm de diâmetro.

## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P19/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		382652	8800457

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada de terra batida a leste represa de Pedras Altas, à margem da BR-407, entre Ponto Novo e Capim Grosso. Entra na primeira estrada a leste da BR-407 e a sul do rio que sai da barragem. Percorre a estrada sempre a leste por cerca de 20 km. O afloramento corta esta estrada e pode ser visto nas duas margens. A maior exposição está a norte da estrada.

7. Unidade Estratigráfica
Dique de sienito
Dique de monzogabro
Dique de sienito

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N315	
Orientação		N315	
Orientação		N315	

9. Amostra(s)
NS-3396
NS-3397
NS-3398

#### 10. Descrição do Afloramento

NS-3396 – Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 1 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha apresenta cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui textura porfírica em granulação média e é composta por fenocristais de feldspato alcalino de até 5 mm imersos em matriz de k-feldspato e minerais máficos (anfibólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.

NS-3397 – Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 1 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui granulação média e é composta por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfibólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.

NS-3398 – Afloramento em blocos residuais esféricos de 10 cm a 30 cm de diâmetro. A rocha apresenta cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui textura porfírica em granulação fina e é composta por fenocristais de feldspato alcalino de até 2 mm imersos em matriz de k-feldspato e minerais máficos (anfibólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.





NS-3396 - Bloco residual esférico. Destaca-se a cor acinzentada e capa de alteração de cor castanha.



NS-3397 - Bloco residual de gabro com cerca de 50 cm de diâmetro. Destaque para o tamanho milimétrico a centimétrico dos minerais máficos.



NS-3398 - Fragmento de rocha porfírica de granulação fina com fenocristais de feldspato alcalino.



## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P20/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		413403 8771505

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada de terra batida a leste da represa de Pedras Altas, na margem da BR-407, entre Ponto Novo e Capim Grosso. Acessa pela primeira entrada a leste da BR-407 e a sul do rio após a barragem. Percorre a estrada por cerca de 30 km até chegar a um povoado após uma inflexão a norte. No povoado vira para leste, percorre cerca de 7km e depois vira para sul por cerca de 6 km. O afloramento ocorre dentro de uma propriedade rural.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique de monzogabro
Dique de monzogabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N336	
Orientação		N336	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3400
NS-3401

#### 10. Descrição do Afloramento

NS-3400 – Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 1 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. Rocha de cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui granulação média e é composta por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.

NS-3401 – Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 1 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui granulação média e é composta por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3400 – Blocos residuais alinhados de orientação geral N336.



NS-3401 – Fragmento de rocha de cor cinza esverdeado. Nota-se cristais de feldspato potássico em meio a feldspato alcalino e minerais máficos.

## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. N° do Afloramento/Missão

**P21/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		413565	8770885

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada de terra batida a leste represa de Pedras Altas, à margem da BR-407, entre Ponto Novo e Capim Grosso. Entra na primeira estrada a leste da BR-407 e a sul do rio que sai da barragem. Percorre a estrada por cerca de 30 km até chegar a um povoado após uma inflexão a norte. No povoado vira para leste, percorre cerca de 7km e depois vira para sul por cerca de 7 km. O afloramento corta a estrada como blocos residuais.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique de monzogabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N338	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3402

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 2 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha apresenta cor castanha escura com pontos verdes e rosa. Possui granulação média e é composta por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfibólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3402 – Blocos residuais esféricos de tamanho variado entre 10 cm e 2 m de diâmetro. Apresentam orientação preferencial N338 e largura de cerca de 20m.



## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P22/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		416210	8765498

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Afloramento localizado em estrada de terra batida a leste represa de Pedras Altas, à margem da BR-407, entre Ponto Novo e Capim Grosso. Entra na primeira estrada a leste da BR-407 e a sul do rio que sai da barragem. Percorre a estrada por cerca de 30 km até chegar a um povoado após uma inflexão a norte. No povoado vira para leste, percorre cerca de 7km e depois vira para sul por cerca de 14 km. O afloramento corta a estrada como blocos residuais e possui maior concentração a leste.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique de monzogabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N340	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3403

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 1,5 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em foliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha possui cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui granulação média e é composta por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3403 – Blocos residuais esféricos de tamanho variado entre 50 cm e 2 m de diâmetro. Apresentam orientação preferencial N340 e largura de cerca de 20m.

## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P24/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		394177	8806300

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Acesso realizado a partir de Ponto Novo pela BR-407 sentido norte em direção a Senhor do Bonfim. Vira para o leste na primeira estrada após o Rio Itapicuru e segue por cerca de 12 km até um povoado. Nele pega a saída norte e segue por ~ 12. O afloramento ocorre como blocos residuais cerca de 1 km para dentro da propriedade rural a sul da estrada.

7. Unidade Estratigráfica
Dique de monzogabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N327	

9. Amostra(s)
NS-3405

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 50 cm de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica com esfoliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. Rocha de cor castanha escura com pontos verdes e rosa. Possui granulação média e sua mineralogia é constituída por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfibólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.

## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P25/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		394237 8805359

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Acesso realizado a partir de Ponto Novo pela BR-407 sentido norte em direção a Senhor do Bonfim. Vira para o leste na primeira estrada após o Rio Itapicuru e segue por cerca de 12 km até um povoado. Nele pega a saída norte e segue por ~ 6km e vira para o leste, segue por ~2 km e vira para o norte, por vim segue por ~3 km até uma propriedade rural a leste da estrada onde ocorrem os blocos residuais.

7. Unidade Estratigráfica
Dique de gabro
Dique de gabro
Dique de gabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N326	
Orientação		N326	
Orientação		N326	

9. Amostra(s)
NS-3406
NS-3407
NS-3408

#### 10. Descrição do Afloramento

As três amostras correspondem à mesma rocha em diferentes pontos de coleta em relação ao dique. O afloramento é formado por blocos residuais de foliação esferoidal tipo “casca de cebola”. A rocha possui cor castanha escura com pontos esverdeados e ocasionalmente pontos rosados. É constituída essencialmente por plagioclásio e clinopiroxênio, com presença de sulfeto de ferro. Os minerais não apresentam orientação preferencial. O dique possui cerca de 30m de espessura.

NS3406 – Borda SW do dique.

NS3407 – Borda NE do dique.

NS3408 – Centro do dique.



NS-3408 – Blocos residuais esféricos de tamanho variado entre 10 cm e 2 m de diâmetro. Apresentam orientação preferencial N326 e largura de cerca de 30m.



## FICHA DE AFLORAMENTO

### Dados de Campo

1. Data: 06/09/2018

2. Nº do Afloramento/Missão

**P27/M26**

3.	Folha-Mapa	4.	Escala do Mapa	5.	Coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000	
	<b>Folha Itiúba (SC.24-Y-B-V)</b>		<b>1:100.000</b>		395476	8781885

#### 6. Acesso e Localização do Afloramento

Acesso realizado pela BR-407, saída sul de Ponto novo. Percorre-se cerca de 20km e entra em estrada a leste. Segue estrada por cerca de 20km. Blocos residuais cortam a estrada com maior concentração na parte norte.

<b>7. Unidade Estratigráfica</b>
Dique de monzogabro

8. Elementos Estruturais			
Orientação		N327	

<b>9. Amostra(s)</b>
NS-3411

#### 10. Descrição do Afloramento

Afloramento em blocos residuais esféricos de 30 cm a 2 m de diâmetro. Rocha com capa de alteração intempérica em esfoliação esferoidal do tipo “casca de cebola”. A rocha possui cor castanha escura com tons verdes e rosa. Possui granulação média e sua mineralogia é constituída por plagioclásio, k-feldspato, e minerais máficos (anfíbólio/clinopiroxênio ?). Os minerais não apresentam, orientação preferencial.



NS-3411 – Blocos residuais esféricos de tamanho variado entre 10 cm e 1,5 m de diâmetro. Apresentam orientação preferencial N327 e largura de cerca de 30m.

## **APÊNDICE III: FICHAS PETROGRÁFICAS**

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
P02	378070	8804613	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P02	Norte de Ponto novo, leste da BA-120		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Félsico	Lineamento NW-SE		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de coloração castanha escura, porfirítica, isotrópica e de granulação média. Formada essencialmente por fenocristais milimétricos de albita imersa em matriz de feldspato alcalino, hornblenda, minerais opacos, apatita, biotita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Albita	45
Feldspato Alcalino	24
Hornblenda	16
Minerais opacos	7
Apatita	3
Biotita	3
Quartzo	2

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	2,8	Q	2
A	97,2	A+P	69
P	0	M	29
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Albita (An 00-05%)

Os cristais encontram-se geminados segundo as leis da albita e albita-carlsbad. Ocorre euédrico e ocasionalmente subédrico, de tamanho entre 0,5 a 4,0 mm, o mais comum é 1,0 mm. Os contatos com os demais minerais normalmente são retos. Inclui cristais de apatita e minerais opacos de até 0,3 mm dispersos aleatoriamente. Apresenta alteração de sericitização que oblitera as geminações.

#### Feldspato Alcalino

Ocorre como cristais subédricos que ocupam espaços intersticiais dos cristais de plagioclásio, sempre em contato com estes. Seu tamanho varia de 0,2 a 1,0 mm, predominando cristais de 0,6 mm. Apresentam contatos retos com os cristais de plagioclásio e apatita, e geralmente irregular com os demais. Os minerais se encontram alterados. Apresenta intercrescimento de quartzo em textura gráfica.

#### Hornblenda

Ocorrem como cristais subédricos a anédricos e tamanho variando de 0,05 a 0,6 mm, com predomínio de 0,3 mm. Apresenta cor verde com pleocroísmo em tons claros, escuros e verde amarelado. Ocasionalmente forma aglomerados de cristais. Faz contatos normalmente retos com o plagioclásio, retos com a apatita e normalmente irregular com os demais minerais. Apresenta inclusões de apatita, biotita e opacos de até 0,1 mm dispersos aleatoriamente. Os cristais encontram-se parcial a totalmente alterados para clorita e argilomineral, em algumas das alterações é possível encontrar anfíbólio residual.

#### Minerais Opacos (Ilmenita e pirita)

Ocorrem como cristais de tamanhos variados, entre 0,02 e 0,7 mm, predominando os de 0,4 mm. Apresentam forma anédrica, frequentemente com reentrâncias e preenchimentos. Faz contatos irregulares com as demais fazes minerais. Sob luz refletida é possível observar dois grupos: pirita com cor de reflexão amarela pálida; e

ilmenita de cor cinza e sob nicóis cruzados apresenta anisotropia. Ambos os minerais se encontram corroídos e a ilmenita apresenta cristais com textura esquelética.

#### **Apatita**

Ocorre euédrica de tamanho entre 0,1 e 0,5 mm, sendo os de 0,2 mm os mais comuns. Apresenta micro inclusões (<0,05 mm) não identificadas, não maiores que 0,02 mm.

#### **Biotita**

Forma cristais com pleocroísmo em tons de castanho amarelado a castanho esverdeado. São cristais anédricos, com granulação de 0,1 a 1,0 mm, o tamanho mais comum é 0,3 mm. Frequentemente ocorre como agregados e quase sempre próximo ou associado ao anfibólio. Forma contatos retos com os demais minerais da rocha, com o anfibólio ocorrem contatos irregulares.

#### **Quartzo**

Ocorre como cristal subédrico a anédrico de 0,05 a 0,8 mm, sendo o tamanho mais comum 0,4 mm. Ocorre em espaços intersticiais, geralmente em contato com as ripas de plagioclásio. Faz contatos retos com o plagioclásio e a apatita.

### **6 - NOME DA ROCHA**

Pirita, ilmenita, hornblenda álcali-feldspato sienito

### **7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

A ocorrência de fenocristais de albita sugere uma etapa de resfriamento lenta inicial. A presença de textura de exsolução nos feldspatos indicam que mudanças nas físico-químicas durante a cristalização podem ter ocorrido.

Sugere-se então três etapas de cristalização: (i) cristalização da ilmenita, pirita e apatita; (ii) cristalização dos fenocristais de albita, hornblenda e biotita; (iii) cristalização do feldspato alcalino e quartzo nos espaços intersticiais.

A intensa sericitização do plagioclásio, bem como a alteração do anfibólio e do feldspato alcalino indicam um evento posterior a cristalização, possivelmente um evento hidrotermal na região.

### **8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	23/01/2019	03/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P03	377368	8805012	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P03	Lado oeste da BA-120, a norte do Rio Itapicurú		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique máfico	Lineamento NW-SE		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X		X							

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor castanha escura, porfirítica de granulação média. Formada por fenocristais milimétricos de albita imersos em matriz de feldspato potássico, hornblenda, minerais opacos, biotita, quartzo e apatita.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Albita	41
Feldspato Alcalino	24
Hornblenda	24
Minerais opacos	5
Biotita	3
Quartzo	3
Apatita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	4,4	Q	3
A	95,6	A+P	65
P	0	M	32
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Albita

Os cristais encontram-se geminados segundo as leis da Albita e albita-carlsbad. Ocorrem euédricos e ocasionalmente subédricos de tamanho entre 0,5 a 6,0 mm, sendo o mais comum de 1,2 mm. Os contatos com os demais minerais normalmente são retos, com exceção dos opacos cujo contato é irregular. Inclui cristais dispersos aleatoriamente de apatita e opacos de até 0,2 mm, sendo mais comum as inclusões de 0,05 mm. Apresenta alteração de sericitização que torna geminações difusas.

#### Feldspato Alcalino

Ocorre anédrico a subédrico, sem geminação. Ocupam espaços intersticiais da albita. Seu tamanho varia de 0,2 a 1,0 mm, sendo mais comum com cerca de 0,4 mm. Faz contatos retos com as ripas de plagioclásio e irregulares com os demais minerais. Apresentam intercrescimento de quartzo formando textura gráfica. Inclui minerais opacos de até 0,2 mm, normalmente menores, dispersos aleatoriamente.

#### Hornblenda

Cristais anédricos a subédricos de tamanho entre 0,2 e 0,8 mm, ocorre com mais frequência com cerca de 0,4 mm. Apresentam pleocroísmo entre o verde escuro, verde claro e verde amarelado. Faz contatos predominantemente irregulares com as demais fases minerais, com exceção das ripas de plagioclásio, que predomina o contato reto. É encontrado como fragmentos dispersos, muitas vezes fragmentados e/ou alterados parcial a totalmente para clorita e argilominerais. São poucos os fragmentos que não apresentam alteração, ela geralmente ocorre nas bordas ou apresenta resquícios do mineral original. As alterações que chegam a formar argilominerais também formam cristais subédricos a euédricos de quartzo. Alguns cristais hospedam inclusões aleatórias de opacos e apatita. As inclusões de opacos são de no máximo 0,4 mm com tamanho médio de 0,1-0,2 mm e para as apatitas, não maiores que 0,1 mm.

#### Minerais Opacos (ilmenita e pirita)

Cristais anédricos de tamanho muito variável, de menor que 0,05 a 0,8 mm. O tamanho mais comum é 0,1-0,2 mm. Faz contatos irregulares com os demais minerais da rocha. Apresentam ocasionalmente bordas avermelhadas provavelmente devido a alteração para óxido de ferro. A maioria dos cristais apresentam bordas irregulares, alguns chegam a textura esquelética. Sob luz refletida foram identificados ilmenita com cor de reflexão cinza pálida e brilho intermediário, e pirita de cor de reflexão amarela pálida. O mineral opaco mais abundante, bem como com maior variação de tamanho e de maiores cristais é a ilmenita. A pirita é pouco abundante e ocorre



em tamanho menores (0,05 – 0,2 mm. A ilmenita apresenta também em alguns dos seus cristais comportamento opaco sob luz transmitida, e sob luz refletida apenas uma parte dele é reflexiva em linhas paralelas ou como linhas em xadrez com ângulo de cerca de 30° entre si.

#### **Biotita**

Cristais subédricos a anédricos de cor marrom escuro a amarelado. Seu tamanho varia de 0,2 a 0,8 mm, sendo mais comum com 0,4. Os cristais subédricos apresentam contatos retos e irregulares com os demais minerais e os anédricos formam contatos irregulares. Comumente forma agregados e se encontra em contato ou próximo aos cristais de hornblenda. Alguns dos maiores cristais hospedam inclusões de opacos não maiores que 0,2 mm.

#### **Quartzo**

Cristais anédricos de 0,1 a 0,5 mm, comumente com 0,2 mm. Faz contatos retos com a albita e irregulares com os demais minerais. Ocupa os espaços intersticiais entre os cristais de albita e/ou feldspatos alcalinos

#### **Apatita**

Cristais euédricos de até 0,3 mm, ocorrem com mais frequência com 0,2 mm.

### **6 - NOME DA ROCHA**

Hornblenda álcali- feldspato sienito

### **7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

Os pórfiros de plagioclásio indicam uma etapa precoce e lenta de resfriamento. Uma segunda etapa é sugerida para a formação dos demais minerais da rocha.

A intensa alteração do plagioclásio (sericitização), e da hornblenda indica um evento de alteração hidrotermal ou intempérica após a formação da rocha.

O grupo de minerais opacos de cor de reflexão cinza pálida aparentam formar exsolução de ou para outro mineral não identificado.

### **8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	22/01/2019	03/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

## 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P13	422116	8787320	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P13	Afloramento em exposição de ravina na estrada entre Ponto Novo e Queimadas (sul da estrada)		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento leste		

## 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

## 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza esverdeada formada essencialmente por fenocristais de plagioclásio com cerca de 1 mm e clinopiroxênio. Não apresenta orientação preferencial.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

## 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Plagioclásio (An% 60)	49
Augita	45
Ilmenita	6

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	0	Q	0
A	0	A+P	49
P	100	M	51
TOTAL	100%	TOTAL	100%

## 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

### Plagioclásio (An% 60)

É euédrico com tamanho usual de 1,0 mm e variando entre 0,8 e 1,6 mm. Apresenta geminação segundo as leis da Albite e albita-carlsbad. Faz contatos predominantemente retos com os minerais máficos e irregulares com os minerais opacos. Alguns cristais apresentam zoneamento normal. Encontra-se intensamente alterado para mica branca a ponto de dificultar a visualização das geminações. Inclui minerais opacos dispersos aleatoriamente, não maiores que 0,1 mm.

### Augita

Ocorre anédrico a subédrico, com tamanho usual de 0,5 mm e variando de 0,2 a 0,8 mm. O pleocroísmo com a cor variando em tons de verde e rosa. Faz contatos retos com cristais de plagioclásio e irregular com os cristais de minerais opacos. Encontra sob alteração para anfibólio, clorita e argilominerais. Inclui minerais opacos dispersos aleatoriamente, não maiores que 0,2 mm.

### Ilmenita

Cristais anédricos a subédricos de tamanho comum de 0,2 mm e variando entre 0,1 e 0,4 mm. Alguns cristais apresentam textura esquelética e/ou partes ocas. Faz contato predominantemente irregular e ocasionalmente reto nos cristais subédricos. Sob luz refletida apresenta reflectância intermediária com brilho cinza pálido e anisotropia.

## 6 - NOME DA ROCHA

Gabro/diorito

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

As texturas da rocha indicam dois estágios de cristalização: um preliminar marcado pela cristalização e reabsorção parcial dos opacos e outra pela cristalização dos plagioclásio e piroxênios. A rocha apresenta textura subofítica.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	22/01/2019	03/05/2019	Maurício Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P18	382652	8800457	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P18	A beira da primeira estrada rural a leste da BA-120, após o Rio Itapicurú sentido norte		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique máfico	Lineamento NW-SE		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor castanha esverdeada, porfirítica, isotrópica e de granulação média. É formada por fenocristais de albita imersos em matriz de feldspato potássico e hornblenda.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Albita	39
Feldspato alcalino	23
Hornblenda	20
Ilmenita	7
Quartzo	5
Biotita	3
Apatita	3

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	7	Q	5
A	93	A+P	62
P	0	M	33
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Albita

Ocorre como ripas de tamanho predominante de 1,0 mm, variando entre 0,6 mm a pórfiros com até 5,0 mm. Apresenta geminação segundo as leis da Albita e albita-carlsbad. Os cristais ocorrem euédricos e formam contatos predominantemente retos com os demais minerais, exceto com os opacos que são irregulares. Apresenta intensa alteração para sericita, a ponto de obliterar as geminações em diversos cristais. Hospeda ocasionalmente opacos e apatita, não maiores que 0,4 mm e dispersas aleatoriamente.

#### Feldspato alcalino

Ocorre como cristais anédricos a subédricos com tamanho variando entre 0,2 a 1,0 mm, sendo mais comum com 0,6 mm. Ocorre normalmente associado às ripas de plagioclásio, nas suas bordas e/ou interstícios. Forma contatos predominantemente irregulares com as demais fases minerais, exceto com as ripas de plagioclásio que são retos. Não apresenta geminações, mas alguns minerais apresentam zoneamento concêntrico. Apresenta intercrescimento de quartzo, por vezes com forma e em textura gráfica. Em alguns casos formam cristais de sobrecrecimento nos fenocristais de albita com linhas de intercrescimento de quartzo radiais e perpendiculares ao contato com as ripas de plagioclásio. Encontra-se manchado e alterado para mica branca. Hospeda opacos e apatita dispersos aleatoriamente e não maiores que 0,4 mm.

#### Hornblenda

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de 0,2 a 1,2 mm, sendo mais frequente os de 0,4 mm. Apresenta forte pleocroísmo de tons de verde escuro a claro e verde amarelado/amarronzado. Forma contatos predominantemente irregulares com as demais fases minerais, exceto com as ripas de plagioclásio que são retos. Encontra-se em variável grau de alteração para clorita e argilominerais. A alteração geralmente ocorre como bordas, quase completa com fragmentos residuais de anfíbólio, ou total. Nos estágios mais avançados de alteração, geralmente há formação de cristais subédricos a euédricos de quartzo. Hospeda ocasionalmente opacos e apatita, não maiores que 0,4 mm e dispersas aleatoriamente.

#### Ilmenita

São cristais anédricos de 0,02 a 0,6 mm, em geral com 0,4 mm. Encontra-se disperso aleatoriamente e frequentemente incluso em outras fases minerais. Apresenta contatos muito irregulares e ocasionalmente com

textura esquelética. Sob luz refletida apresenta reflexão cinza pálida e anisotropia. Alguns cristais apresentam lamelas de exsolução sob luz refletida.

#### **Quartzo**

Cristais anédricos de 0,2 a 0,6 mm, frequentemente com 0,2 mm. Faz contatos predominantemente irregulares com os demais minerais, exceto com as ripas de plagioclásio que é normalmente reto. Encontra-se predominantemente nos interstícios dos demais minerais.

#### **Biotita**

Ocorre como cristais subédricos de 0,05 a 0,4 mm, geralmente com 0,2 mm. Apresenta pleocroísmo com cores entre verde e marrom. Ocorre dispersa aleatoriamente na rocha e, ocasionalmente, forma aglomerados. Faz contatos predominantemente retos com os cristais de albita e irregulares com as demais fases minerais.

#### **Apatita**

Cristais prismáticos euédricos lípidos de 0,05 a 0,6 mm, frequentemente com 0,2 mm. Forma contatos retos com as demais fases minerais.

### **6 - NOME DA ROCHA**

Quartzo ilmenita hornblenda álcali-feldspato sienito

### **7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

A rocha aparenta cristalização em três etapas sequenciais: a primeira formou os opacos e apatitas seguidos pelos fenocristais de albita; a segunda fase deu sequência à cristalização com a formação do feldspato potássico e hornblenda; por fim houve alteração nas condições físico-químicas durante a cristalização que ocasionou a exsolução nos feldspatos alcalinos.

Além disso houve um evento posterior, hidrotermal ou intempérico que causou as alterações nos minerais de plagioclásio, feldspato e anfibólio.

### **8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local São Cristóvão - SE	Data de elaboração <sup>1</sup> 22/01/2019	Data da última revisão <sup>2</sup> 07/05/2019	Analista <sup>3</sup> Maurício Brito Huttner
-----------------------------	---	---	---

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P19a	402489	8777029	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P19	Estrada rural a leste da represa de Pedras Altas		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Sienítico	Lineamento Oeste		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BR= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor clara castanha esverdeada, isotrópica, porfirítica e de granulação média. Formada por fenocristais milimétricos de albita imersos em matriz de feldspato potássico e hornblenda.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Albita	62
Feldspato Alcalino	18
Hornblenda	13
Ilmenita	3
Quartzo	3
Biotita	1

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	3,6	Q	3
A	96,4	A+P	80
P	0	M	17
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Albita

Ocorre preferencialmente como ripas subédricas a euédrica, dispersas sem orientação. Seu tamanho mais comum é 1,0 mm, mas varia de 0,4 a 3,0 mm. Apresenta geminações segundo as leis da Albita e albita-carlsbad. Faz contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais exceto com os opacos cujos contatos são irregulares. O mineral encontra-se muito alterado para epidoto.

#### Feldspato Alcalino

Ocorrem como cristais subédricos a anédricos. Com frequência ocorre como sobrecrescimento ou nos espaços intersticiais dos cristais de albita. Fazem contatos preferencialmente irregulares com os demais minerais, exceto com as ripas de plagioclásio cujos contatos são retos. Alguns cristais apresentam intercrescimento de quartzo em textura gráfica. Foram encontrados alguns minerais com indícios de quebramento: subdivisões dentro do grão e extinção ondulante. O mineral encontra-se muito alterado para mica branca.

#### Hornblenda

São cristais anédricos com tamanho comum de 0,8 mm, variando de 0,4 mm a 1,0 mm. Apresenta pleocroísmo com cor variando entre tons de verde claro e escuro a verde amarronzado. Forma contatos predominantemente irregulares com as demais fases minerais, exceto com as ripas de plagioclásio que são retos. Apresenta alteração parcial a total para clorita e argilominerais, sendo possível ver resquícios do anfibólio em alguns minerais alterados. Alguns dos minerais totalmente transformados em argilominerais apresentam também formação de quartzo subédrico, não maior que 0,2 mm, em seu interior.

#### Ilmenita

Ocorrem como cristais anédricos de tamanho habitual de 0,4 mm e variando entre 0,05 e 1,0 mm. Encontra-se disperso aleatoriamente e com frequência incluso nas outras fases minerais. Forma contatos predominantemente irregulares. Alguns cristais apresentam textura esquelética. Sob luz refletida eles apresentaram reflexão intermediária cinza pálida e anisotropia. Alguns minerais apresentam alteração para óxido de ferro, que mancha as vizinhanças do cristal de vermelho.

#### Quartzo

Ocorre como cristal anédrico, usualmente com 0,2 mm e variando de 0,05 a 0,4 mm. Encontra-se disperso nos espaços intersticiais da rocha. Forma contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam extinção ondulante.

**Biotita**

Cristais subédricos, com tamanho comum de 0,1 mm e variando de 0,05 a 0,4. Apresenta birrefringência com cor variando de marrom claro a marrom esverdeado. Ocorrem geralmente em aglomerados associado ou próximo aos cristais de anfibólio. Faz contatos irregulares com as demais fazes minerais.

**6 - NOME DA ROCHA**

Hornblenda álcali-feldspato sienito

**7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

Rocha provavelmente formada em três estágios de cristalização: (i) cristalização da ilmenita; (ii) cristalização dos fenocristais de albita e cristais de hornblenda e biotita; e (iii) cristalização de feldspato alcalino e quartzo.

Após a cristalização a rocha sofreu alteração que causou a alteração registrada principalmente na hornblenda e albita.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	22/01/2019	05/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P19b	402489	8777029	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P19	Estrada rural a leste da represa de Pedras Altas		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento Oeste		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza escura e esverdeada, isotrópica, equigranular e de granulação média. É formada essencialmente por fenocristais de plagioclásio e piroxênio em textura subofítica e por vezes ofítica, além de feldspato potássico, minerais opacos, apatita e quartzo em menor abundância.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 52)	52
Augita	23
Feldspato Alcalino	9
Ilmenita	8
Apatita	6
Quartzo	2

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	3,2	Q	2
A	14,3	A+P	61
P	82,5	M	37
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 52)

Formado por cristais euédricos em ripas de 0,6 a 4,0 mm, sendo o tamanho mais comum de 1,5 mm. Alguns cristais apresentam geminações segundo as leis da Albite e albita-carlsbad. Forma contatos predominantemente retos com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam zonação concêntrica. Hospeda cristais de opacos e apatitas dispersos aleatoriamente e não maiores que 0,4 mm. Encontra-se transformado parcialmente em epidoto e mica branca.

#### Augita

Cristais subédricos a anédricos de 0,4 a 3,0 mm, sendo o tamanho mais comum de 0,8 mm. Apresenta fraco pleocroísmo com a cor variando entre tons pálidos de verde e rosa. Forma contatos predominantemente retos com as ripas de plagioclásio e apatitas e irregulares com as demais fases minerais. Ocorre preferencialmente nos interstícios entre as ripas de plagioclásio. Inclui ocasionalmente cristais de opacos e apatita dispersos aleatoriamente e não maiores que 0,4 mm. O mineral apresenta transformação parcial (bordas e coroas) a total (em alguns casos com fragmentos residuais) para anfibólio, clorita e mais raramente mica.

#### Feldspato Alcalino

Os cristais são subédricos a anédricos de 0,2 até 0,6 mm, com mais frequência com 0,4 mm. Forma contatos predominantemente irregulares com as demais fases minerais, com exceção das ripas e apatita cujos contatos predominam retos. Apresentam intercrescimento de quartzo em textura gráfica. Frequentemente manchado para uma cor avermelhada em luz plana e com sobrecrecimento de albita.

#### Ilmenita

Cristais anédricos a subédricos com tamanho comum de 0,6 mm e variando entre 0,1 e 1,0 mm. Forma contatos irregulares com as demais fases minerais. Apresenta textura esqueletal. Sob luz refletida, apresentam reflectância intermediária com brilho cinza pálido que extingue quando cruza os nicóis. Alguns dos cristais sob luz refletida apresentam exsolução em linhas paralelas entre si.

#### Apatita

Ocorre como cristais euédricos de 0,2 a 2,0 mm com tamanho mais comum de 0,6 mm. Ocorrem dispersos na lâmina, sendo inclusos nas demais fases minerais. Comumente apresenta cor marrom no centro e transparente nas bordas.

**Quartzo**

Cristais anédricos a subédricos de 0,1 a 0,6 mm, sendo mais comum ocorrer com 0,2 mm. Ocupam espaços intersticiais.

**6 - NOME DA ROCHA**

Augita monzogabro

**7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

As texturas da rocha permitem sugerir sua formação por etapas sucessivas de cristalização: (i) cristalização de apatita e ilmenita; (ii) cristalização dos fenocristais de labradorita e cristais de augita; e (iii) cristalização dos cristais de feldspato potássico e do quartzo.

Após a cristalização houve intemperismo e/ou hidrotermalismo evidenciado pela intensa transformação dos plagioclásios e piroxênios em fases de menor temperatura.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	05/05/2019	Maurício Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações



### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P19	402489	8777029	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P19c	Estrada rural a leste da represa de Pedras Altas		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique felsico	Lineamento Oeste		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X	X								

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor marrom rosada. Formada por fenocristais de feldspato imersos em matriz fina rica em minerais máficos. Apresenta orientação preferencial dos pórfiros incipiente.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Albita	49
Hornblenda	21
Feldspato potássico	12
Quartzo	10
Biotita	6
Ilmenita	2
Apatita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	14	Q	10
A	86	A+P	61
P	0	M	29
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Albita

Ocorre como ripas largas, euédricas a subédricas de ~1,4 mm (1,0 e 2,0 mm), com geminação segundo as leis da Albita e albita-carlsbad. Forma contatos predominantemente retos com as demais fases minerais. Encontra-se intensamente alterada para mica branca.

#### Hornblenda

Os cristais são anédricos a subédricos de ~0,6 mm (0,2 a 1,0 mm). Apresenta pleocroísmo com cor variando em tons pálidos de verde. Forma contatos predominantemente irregulares com os demais minerais, exceto com as ripas de albita, cujos contatos preferenciais são retos. Por vezes ocorre em aglomerados com até 1,2 mm. Alguns minerais encontram-se não alterados, mas a maioria apresenta alteração parcial a total para clorita e argilominerais.

#### Feldspato potássico

Ocorre euédrico a subédrico, com tamanho de ~0,6 mm (0,2 e 0,8 mm). Ocorre nas bordas e interstícios dos fenocristais de albita, com os quais faz contatos retos. Com as demais fases minerais faz contatos irregulares. Encontra-se alterado para mica branca.

#### Quartzo

Ocorre como cristais anédricos de ~0,3 mm. Forma contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais.

#### Biotita

Cristais subédricos de ~0,2 mm (0,1 e 0,4 mm). Apresenta pleocroísmo cuja cor varia entre marrom e marrom avermelhado – nas bordas encontra-se ocasionalmente esverdeado. Forma contatos preferencialmente retos com os demais minerais da rocha.

#### Ilmenita

Ocorre como cristais anédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,6 mm). Sob luz refletida apresenta reflexão intermediária com brilho cinza pálido que extingue sob nicóis cruzados. Alguns cristais apresentam textura de corrosão.

#### Apatita

São cristais euédricos de ~0,1 mm. Forma contatos retos com as demais fases minerais.

**6 - NOME DA ROCHA**

Hornblenda quartzo monzogabro

**7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

Os pórfiros de albita dentro da rocha indicam que houve ao menos duas etapas de cristalização, com uma lenta para a formação dos pórfiros seguida de outra etapa rápida para a formação dos demais minerais.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local São Cristóvão - SE	Data de elaboração <sup>1</sup> 21/01/2019	Data da última revisão <sup>2</sup> 05/05/2019	Analista <sup>3</sup> Mauricio Brito Huttner
-----------------------------	---	---	---

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P20b	413403	8771505	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P20	Propriedade rural no lado leste da estrada que segue para o sul de Espanta Gado		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rochas de cor cinza clara, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por ripas de labradorita e augita em textura subofítica, além de feldspato potássico, minerais opacos, apatita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita	45
Augita	21
Feldspato potássico	13
Minerais opacos (ilmenita e pirita)	12
Apatita	5
Quartzo	4

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	6	Q	4
A	21	A+P	58
P	73	M	38
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita

Ocorre euédrico a subédrico, com tamanho de ~2,0 mm (1,0 a 6,0 mm) e geminado segunda as leis da albita e albita-carlsbad. Formam contatos retos com as demais fases minerais. Apresentam intenso grau de alteração para mica branca e epidoto. Frequentemente apresenta bordas de feldspato potássico.

#### Augita

São cristais subédricos a anédricos de ~1,0 mm (0,4 a 2,0 mm) com pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Forma contato preferencialmente irregular com as demais fases minerais. Alguns cristais encontram-se não são, mas a maioria se apresenta transformado parcial a totalmente em anfibólio, clorita e argilominerais. Alguns dos cristais alterados preservam fragmentos de augita em seu interior. Quando alterado para argilominerais inclui quartzo subédrico a euédrico.

#### Feldspato potássico

São cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,2 a 0,8 mm) sem geminação e ocasionalmente com manchas avermelhadas. Forma contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais. Apresenta intercrescimento de quartzo em textura gráfica.

#### Minerais opacos (ilmenita e pirita)

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,05 a 1,0 mm). Muitos cristais apresentam reentrâncias e/ou alteração nas bordas para óxido de ferro. Sob luz refletida foram identificados pirita com cor de reflexão amarelo pálido e ilmenita com cor cinza, brilho intermediário e anisotropia. Alguns cristais de ilmenita apresentam lamelas de exsolução. Ambos ocorrem disseminados na rocha, inclusos aleatoriamente nos cristais de albita e augita. A ocorrência de ilmenita predomina sobre a pirita.

#### Apatita

São cristais euédricos a subédricos de 1,0 mm (0,4 a 1,8 mm) que formam contatos retos com as demais fases minerais. Ocorre disseminada na rocha, inclusa aleatoriamente nos feldspatos e na augita.

**Quartzo**

Ocorre como cristais anédricos de 0,2 mm (0,1 a 0,6 mm) que formam contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais.

**6 - NOME DA ROCHA**

Ilmenita augita quartzo monzogabro

**7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 1) Formação da apatita e minerais opacos. A apatita se manteve estável enquanto os minerais opacos regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão.
- 2) Formação da labradorita, seguida pouco após pela augita, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de apatita e de minerais opacos em seu interior.
- 3) Feldspato potássico foi formado em seguida após a mudança da composição do líquido. Este foi formado nos interstícios entre os cristais de labradorita e augita. Neste momento também houve reação do líquido com a labradorita formando bordas alteradas. Os cristais de apatita e minerais opacos que se encontravam livres foram envolvidos ou incluídos pelos cristais de feldspato potássico.
- 4) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 5) Após a cristalização da rocha, em algum momento, esta foi alterada por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada em maior grau na augita e labradorita e em menor no feldspato potássico e nos minerais opacos.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	06/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P21	413565	8770885	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P21	Propriedade rural no lado leste da estrada que segue para o sul de Espanta Gado		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza clara, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por ripas de **labradorita e augita em textura subofítica, além de feldspato potássico, minerais opacos, apatita e quartzo.**

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 56)	54
Augita	18
Feldspato potássico	17
Quartzo	6
Ilmenita	3
Apatita	2

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	8	Q	6
A	22	A+P	71
P	70	M	23
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 56)

Ocorre como fenocristais de ~1,0 mm (0,5 a 4,0 mm) geminadas segunda as leis da albita e albita-carlsbad. Forma contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais e apresenta zoneamento em alguns cristais. Encontra-se intensamente alterado para mica branca.

#### Augita

São cristais anédricos e ocasionalmente subédricos de ~0,8 mm (0,4 a 1,5 mm). Apresentam pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa e formam contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais. Alguns minerais encontram-se não alterados, mas a maioria apresenta graus de alteração variados de parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais.

#### Feldspato potássico

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de 0,4 mm (0,2 a 1,0 mm) que não apresentam geminação. Forma contatos predominantemente retos com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam intercrescimento com quartzo. Encontra-se alterado para mica branca.

#### Quartzo

Ocorre como cristais anédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,4 mm). Forma contatos preferencialmente irregulares com os demais minerais.

#### Ilmenita

São cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,05 a 0,8 mm). Em luz refletida apresentam reflexão intermediária em com cinza pálida que extingue ao cruzar os nicóis. Alguns cristais possuem reentrâncias em feição de corrosão e/ou lamelas de exsolução.

#### Apatita

Ocorre como cristais euédricos a subédricos de ~0,6 mm (0,4 a 2,8 mm). Apresenta cor manchada no centro de marrom. Quando em contato com minerais opacos pode envolver ou estar envolvida por eles.

### 6 - NOME DA ROCHA

Augita quartzo monzogabro

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 1) Formação da apatita e ilmenita. A apatita se manteve estável enquanto os minerais opacos regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão. A relação de contato entre eles alternando qual mineral envolve o outro indica que se formaram ao mesmo tempo.
- 2) Formação da labradorita, seguida pouco após pela augita, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de apatita e de minerais opacos em seu interior.
- 3) Feldspato potássicos foi formado em seguida após a mudança da composição do líquido. Este foi formado nos interstícios entre os cristais de labradorita e augita. Neste momento também houve reação do líquido com a labradorita formando bordas alteradas. Os cristais de apatita e minerais opacos que se encontravam livres foram envolvidos ou incluídos pelos cristais de feldspato potássico.
- 4) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 5) Após a cristalização da rocha ocorreu alteração por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada em maior grau na augita e labradorita e em menor no feldspato potássico.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local São Cristóvão - SE	Data de elaboração <sup>1</sup> 28/01/2019	Data da última revisão <sup>2</sup> 06/05/2019	Analista <sup>3</sup> Mauricio Brito Huttner
-----------------------------	---	---	---

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P22	413565	8770885	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P22	Propriedade rural no lado leste da estrada que segue para o sul de Espanta Gado		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza clara, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por ripas de labradorita e augita em textura subofítica e por vezes ofítica, além de feldspato potássico, minerais opacos, apatita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 52)	53
Augita	22
Feldspato potássico	14
Quartzo	6
Minerais opacos (ilmenita e pirita)	5
Apatita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	8	Q	6
A	19	A+P	67
P	73	M	27
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 52)

Ocorre euédrica a subédrica, com tamanho de ~1,4 mm (0,8 a 4,0 mm) e geminadas segundo as leis da albita e da albita-carlsbad. Faz contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais. Apresenta alteração para mica branca e epidoto.

#### Augita

Cristais subédricos a anédricos de ~0,8mm (0,2 a 1,8 mm) que apresentam pleocroísmo cuja cor varia entre verde e rosa. Forma contato predominantemente irregular com as demais fases minerais. Apresenta intensa alteração para anfibólio, clorita e argilominerais + quartzo.

#### Feldspato potássico

Ocorre como cristais anédricos de ~0,6 (0,2 a 1,0 mm) que não apresentam geminação. Forma contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam intercrescimento com quartzo em textura gráfica. Encontram-se alterados para mica branca.

#### Quartzo

Cristais anédricos de ~ 0,4 mm (0,2 a 0,8 mm). Forma contatos irregulares com os demais minerais. Encontra-se muito fraturado.

#### Minerais opacos (ilmenita e pirita)

Cristais anédricos de ~0,6 mm (0,2 a 1,2 mm). Forma contatos irregulares e reentrâncias são comuns. Em luz refletida foram identificados ilmenita com reflexão intermediária, cor cinza pálida e anisotropia e pirita com reflexão intermediária e cor amarela pálida. A ilmenita é mais abundante e alguns cristais apresentam feição de exsolução e/ou esquelética.

#### Apatita

Ocorre como cristais euédricos de a 0,2 mm. Apresenta contatos predominantemente retos com as demais fases minerais.

**6 - NOME DA ROCHA**

Ilmenita augita quartzo monzogabro

**7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 6) Formação da apatita e minerais opacos, provavelmente ilmenita e pirita. A apatita se manteve estável enquanto os minerais opacos regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão. A exsolução na provável ilmenita indica que este mineral teve a sua estabilidade alterada durante a cristalização.
- 7) Formação da labradorita, seguida pouco após pela augita, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de apatita e de minerais opacos em seu interior.
- 8) Feldspato potássico foi formado em seguida após a mudança da composição do líquido. Este foi formado nos interstícios entre os cristais de labradorita e augita. Neste momento também houve reação do líquido com a labradorita formando bordas alteradas. Os cristais de apatita e minerais opacos que se encontravam livres foram envolvidos ou incluídos pelos cristais de feldspato potássico.
- 9) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 10) Após a cristalização, a rocha foi alterada por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada em maior grau na augita e labradorita e em menor no feldspato potássico e nos minerais opacos.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	06/05/2019	Maurício Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações



### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P22	416210	8765498	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P22	Propriedade rural no lado leste da estrada que segue para o sul de Espanta Gado		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza clara, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por fenocristais de labradorita e augita em textura subofítica e por vezes ofítica, além de feldspato potássico, imenita, apatita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 53)	52
Augita	24
Feldspato Alcalino	16
Quartzo	4
Ilmenita	3
Apatita	1

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	6	Q	4
A	22	A+P	68
P	72	M	28
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 53)

Ocorre euédrico a subédrico, com tamanho de ~1,4 mm (1,0 a 4,0 mm) e geminações segundo as leis da albita e albita-carlsbad. Faz contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam borda de sobre crescimento. Encontram-se alterados para mica branca.

#### Augita

São cristais subédricos a anédricos de ~0,6 mm (0,2 a 2,6 mm) com fraco pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Faz contatos retos com os cristais de labradorita e apatita e irregulares com os demais minerais. Alguns cristais encontram-se preservados, mas a maioria apresenta alteração parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais. Nas alterações para argilomineral é comum a formação de quartzo subédrico a euédrico dentro do mineral de alteração.

#### Feldspato Alcalino

São cristais subédricos a anédricos de ~ mm (0,2 a 1,4 mm) sem geminação. Forma contatos retos com as ripas de plagioclásio e apatita e irregulares com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam intercrescimento com quartzo. Encontra-se com alteração para mica branca

#### Quartzo

Ocorre como minerais anédricos de ~0,4 mm (0,2 a 0,8 mm). Forma contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais.

#### Ilmenita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,6 mm (0,2 a 1,2 mm). Forma contatos irregulares com as demais fases minerais, frequentemente com expressivas reentrâncias ou vazios de corrosão. Alguns cristais apresentam textura esquelética.

#### Apatita

São cristais euédricos a subédricos de ~0,4 mm e manchados de cor marrom no seu centro.

## 6 - NOME DA ROCHA

Augita monzogabro

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 1) Formação da apatita e ilmenita. A apatita se manteve estável enquanto os minerais opacos regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão.
- 2) Formação do plagioclásio, seguida pouco após pelo clinopiroxênio, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de apatita e de ilmenita em seu interior.
- 3) O feldspato alcalino foi formado em seguida, após a mudança da composição do líquido pela cristalização dos minerais anteriores. Este mineral foi formado nos interstícios entre os cristais de plagioclásio e clinopiroxênio. Neste momento também houve reação do líquido com o plagioclásio formando bordas alteradas. Os cristais de apatita e ilmenita que se encontravam livres foram envolvidos ou incluídos pelos cristais de feldspato potássico.
- 4) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 5) Após a cristalização da rocha ocorreu alteração por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada em maior grau no plagioclásio e clinopiroxênio e em menor no feldspato alcalino.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	06/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P24	394177	8806300	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P24	Afloramento em propriedade rural a NE de Ponto Novo		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique máfico	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza clara, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por fenocristais de labradorita e augita em textura subofítica, além de feldspato potássico, minerais opacos, apatita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, variedades e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 52)	42
Augita	34
Feldspato Alcalino	17
Quartzo	6
Ilmenita	1
Pirita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	9	Q	6
A	26	A+P	59
P	65	M	35
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 52)

Ocorre como ripas euédricas a subédricas de ~1,4 mm (1,0 a 6,0 mm) geminadas segundo as leis da Albita e albita-carlsbad. Faz contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais. Alguns cristais apresentam bordas de sobrecrecimento com aspecto fibrosa – fibras ortogonais às bordas. O mineral encontra-se intensamente alterado para mica branca.

#### Augita

São cristais anédricos a subédricos de ~0,6 mm (0,4 a 1,2 mm) com pleocroísmo fraco em tons pálidos de verde e rosa. Forma preferencialmente contatos retos com o plagioclásio e contatos irregulares com as demais fases minerais. Encontra-se intensamente alterado para anfibólio, clorita e argilominerais. A alteração dos cristais é parcial a total, geralmente com algum fragmento residual. Quando alterado para argilomineral, é comum a presença de quartzo subédrico a euédrico associado.

#### Feldspato Alcalino

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,2 a 0,8) mm sem geminação. Forma contatos preferencialmente reto com o plagioclásio e irregular com os demais minerais. Apresenta frequente alteração para mica branca.

#### Quartzo

Ocorre como cristais subédricos de ~0,2 mm (0,2 a 0,4 mm). Forma contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais.

#### Ilmenita

Cristais anédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,4 mm). Forma contatos irregulares com as demais fases minerais. Frequentemente apresenta reentrâncias ou vazios causados por corrosão. Alguns cristais apresentam exsolução não identificada e/ou textura esquelética.

#### Pirita

Cristais anédricos de ~0,2 mm. Forma contatos irregulares com as demais fases minerais. Frequentemente apresenta reentrâncias ou vazios causados por corrosão.

## 6 - NOME DA ROCHA

Augita quartzo monzogabro

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 1) Formação da ilmenita e pirita. Ambos minerais regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão.
- 2) Formação do plagioclásio, seguida pouco após pelo clinopiroxênio, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de ilmenita e pirita em seu interior.
- 3) O feldspato alcalino foi formado em seguida, após a mudança da composição do líquido pela cristalização dos minerais anteriores. Este mineral foi formado nos interstícios entre os cristais de plagioclásio e clinopiroxênio. Neste momento também houve reação do líquido com o plagioclásio formando bordas alteradas. Os cristais de ilmenita e pirita que se encontravam livres foram envolvidos ou incluídos pelos cristais de feldspato potássico.
- 4) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 5) Após a cristalização da rocha ocorreu alteração por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada em maior grau no plagioclásio e clinopiroxênio e em menor no feldspato alcalino.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	07/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P25	394237	8805359	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P25a	Afloramento em propriedade rural a NE de Ponto Novo		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique máfico	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza escura, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por ripas de **labradorita e augita em textura subofítica, além de ilmenita, pirita e quartzo.**

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 54)	57
Augita	38
Quartzo	3
Ilmenita	2
Pirita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	5	Q	3
A	0	A+P	57
P	95	M	40
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 54)

Ocorre de duas formas:

- 1) ripas euédricas a subédricas de ~1,0 mm (0,8 a 4,0 mm) que formam contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais.
- 2) cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,2 a 0,6 mm) que formam contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais

Apresentam geminação segundo as leis da albita e albita-carlsbad. Bordas de reação são comuns nas ripas. Encontra-se intensamente alterado para mica branca.

#### Augita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,6 mm (0,4 a 2,0 mm) com fraco pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Alguns minerais encontram-se preservados, mas a maioria apresenta alteração parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais. Quando alterado para argilomineral é comum a formação de quartzo euédrico a subédrico.

#### Quartzo

Ocorre anédrico com tamanho de ~0,4 mm. Faz contatos irregulares com as demais fases minerais.

#### Ilmenita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,4 mm) que formam contatos irregulares com as demais fases minerais. Reentrâncias e orifícios nos cristais são comuns, que sugerem a ocorrência de corrosão.

#### Pirita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,2 mm que formam contatos irregulares com as demais fases minerais. Reentrâncias e orifícios nos cristais são comuns, que sugerem a ocorrência de corrosão.

### 6 - NOME DA ROCHA

Gabro

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 11) Formação da ilmenita e pirita. Ambos minerais regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão.
- 12) Formação das ripas de labradorita, seguida pouco após pela augita, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de ilmenita e pirita em seu interior.
- 13) Uma segunda etapa de formação de plagioclásio ocorreu com a formação dos cristais menores e anédricos.
- 14) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 15) Após a cristalização da rocha, ocorreu alteração por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada na labradorita e augita.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	07/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P25	394237	8805359	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P25b	Afloramento em propriedade rural a NE de Ponto Novo		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza escura, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por fenocristais de labradorita e augita em textura subofítica, além de ilmenita, pirita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita	56
Augita	38
Ilmenita	4
Quartzo	2
Pirita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	3	Q	2
A	0	A+P	56
P	97	M	42
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita

Ocorre de duas formas:

- 1) fenocristais euédricos a subédricos de ~1,4 mm (1,0 a 5,0 mm) que formam contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais. Bordas de sobrecrecimento são comuns.
- 2) cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,2 a 0,6 mm) que formam contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais

Apresentam geminação segundo as leis da albita e albita-carlsbad. Bordas de reação são comuns nas ripas. Encontra-se intensamente alterado para mica branca.

#### Augita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de a ~0,6 mm (0,2 a 1,8 mm) com fraco pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Alguns minerais encontram-se preservados, mas a maioria apresenta alteração parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais. Quando alterado para argilomineral é comum a formação de quartzo euédrico a subédrico.

#### Ilmenita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,4 mm) que formam contatos irregulares com as demais fases minerais. Reentrâncias e orifícios nos cristais são comuns, que sugerem a ocorrência de corrosão.

#### Quartzo

São cristais anédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,5 mm) que formam contatos irregulares com as demais fases minerais.

#### Pirita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,1 mm que formam contatos irregulares com as demais fases minerais. Reentrâncias e orifícios nos cristais são comuns, que sugerem a ocorrência de corrosão.

### 6 - NOME DA ROCHA

Gabro

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 3) Formação da ilmenita e pirita. Ambos minerais regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão.
- 4) Formação das ripas de labradorita, seguida pouco após pela augita, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de ilmenita e pirita em seu interior.
- 5) Uma segunda etapa de formação de plagioclásio ocorreu com a formação dos cristais menores e anédricos.
- 6) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 7) Após a cristalização da rocha, ocorreu alteração por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada na labradorita e augita.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local	Data de elaboração <sup>1</sup>	Data da última revisão <sup>2</sup>	Analista <sup>3</sup>
São Cristóvão - SE	28/01/2019	07/05/2019	Mauricio Brito Huttner

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações



### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M26P25	394237	8805359	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M26P25c	Afloramento em propriedade rural a NE de Ponto Novo		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
	Lineamento central		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor cinza escura, isotrópica, equigranular de granulação média. É formada essencialmente por ripas de labradorita e augita em textura subofítica, além de ilmenita, pirita, apatita e quartzo.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 56)	51
Augita	43
Ilmenita	4
Quartzo	2
Apatita	<0,5
Pirita	<0,5

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	4	Q	2
A	0	A+P	51
P	96	M	47
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 56)

Ocorre de duas formas:

1) ripas euédricas a subédricas de ~1,0 mm (0,8 a 4,0 mm) que formam contatos preferencialmente retos com as demais fases minerais. Bordas de sobrecrecimento são comuns.

2) cristais anédricos a subédricos de ~0,4 mm (0,2 a 0,6 mm) que formam contatos preferencialmente irregulares com as demais fases minerais

Apresentam geminação segundo as leis da Albite e albita-carlsbad e encontra-se alterado para mica branca.

#### Augita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,8 mm (0,4 a 2,0 mm) com fraco pleocroísmo em tons pálidos de verde e rosa. Alguns minerais encontram-se preservados, mas a maioria apresenta alteração parcial a total para anfibólio, clorita e argilominerais. Quando alterado para argilomineral é comum a formação de quartzo euédrico a subédrico.

#### Ilmenita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,4 mm) que formam contatos irregulares com as demais fases minerais. Reentrâncias e orifícios nos cristais são comuns, que sugerem a ocorrência de corrosão. Alguns cristais apresentam textura esquelética e/ou de exsolução para mineral não identificado.

#### Quartzo

São cristais anédricos de ~0,2 mm (0,05 a 0,4 mm) que formam contatos irregulares com as demais fases minerais.

#### Apatita

São cristais euédricos a anédricos de ~0,2 mm (0,2 a 0,8 mm) que formam contatos retos com as demais fases minerais. Apresenta-se incolor e ocasionalmente amarronzada no centro.

#### Pirita

Ocorre como cristais anédricos a subédricos de ~0,1 mm que formam contatos irregulares com as demais fases minerais. Reentrâncias e orifícios nos cristais são comuns, que sugerem a ocorrência de corrosão.

## 6 - NOME DA ROCHA

Gabro

## 7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS

A partir das texturas encontradas na rocha foi sugerida a sequência de cristalização e evolução da rocha:

- 1) Formação da apatita, ilmenita e pirita. A ilmenita e a pirita regiram com o líquido, como evidenciam as texturas de corrosão. A relação de contato entre a apatita e a ilmenita, em que um envolve o outro indica o crescimento coetâneo.
- 2) Formação das ripas de labradorita, seguida pouco após pela augita, como indicam os tamanhos dos cristais e predomínio de textura subofítica sobre a ofítica. Estes minerais envolveram ou incluíram cristais de ilmenita e pirita em seu interior.
- 3) Uma segunda etapa de formação de plagioclásio ocorreu com a formação dos cristais menores e anédricos.
- 4) Cristalização de quartzo a partir do líquido residual nos espaços ainda disponíveis na rocha.
- 5) Após a cristalização da rocha, ocorreu alteração por hidrotermalismo ou intemperismo. Esta alteração está evidenciada na labradorita e augita.

## 8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE

Local São Cristóvão - SE	Data de elaboração <sup>1</sup> 28/01/2019	Data da última revisão <sup>2</sup> 07/05/2019	Analista <sup>3</sup> Mauricio Brito Huttner
-----------------------------	---	---	---

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações

### 1 - DADOS SOBRE O AFLORAMENTO

Nº de Campo	Latitude	Longitude	Nome da Folha Geográfica (IBGE)
M25P27	395478	8781887	Itiúba (SC.24-Y-B-VI)
Nº do Ponto	Referências do Ponto		
M25P27	Estrada rural a leste da BA-120 entre Ponto Novo e Pedras Altas		
Tipo Litológico	Nome do Corpo		
Dique Máfico	Lineamento Oeste		

### 2 - DADOS SOBRE A AMOSTRA

Assinale com um X os diferentes procedimentos de preparação e analíticos efetuados nesta amostra

BRA	LD	LP	Brita	Pó	AM	AQM	AQMe	ETR	Rb/Sr	Sm/Nd	Pb/Pb	U/Pb	SP
X		X	X	X									

BRA= Bloco reserva da Amostra, LD= Lâmina Delgada, LP= Lâmina Polida, AM= Análise de Minerais, AQM= Análise Química de Maiores, AQMe= Análise Química de Menores, Análises isotópicas (Rb/Sr, Sm/Nd, Pb/Pb e U/Pb), SP= Separação de Minerais

### 3 - CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Rocha de cor castanha esverdeada, equigranular, isotrópica e granulação média. É formada essencialmente por ripas de labradorita e augita em textura subofítica, além de feldspato potássico, minerais opacos, quartzo e apatita.

Resumo das principais características macroscópicas da rocha (cor, estruturas e texturas macros). Um resumo com as principais características das feições microscópicas deve ser apresentado (granulação predominante, equigranular, inequigranular, nomear as texturas presentes minerais essenciais, varietais e acessórios, em caso de alteração pronunciada comentar).

### 4 - ANÁLISE MODAL

MINERAIS	%
Labradorita (An% 54)	42
Augita	30
Feldspato potássico	14
Ilmenita	8
Quartzo	4
Apatita	2

PARÂMETROS			
QAP		Q(A+P) M	
Q	6,7	Q	4
A	23,3	A+P	56
P	70	M	40
TOTAL	100%	TOTAL	100%

### 5 - DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

#### Labradorita (An% 54)

Ocorre euédrico, comumente com 1,0 mm e variando entre 0,4 e 4,0 mm. Apresenta geminações segunda as leis da albita e albita-carlsbad. Forma contatos predominantemente retos com as demais fases minerais, com exceção dos opacos cujos contatos predominantes são irregulares. Alguns cristais encontram-se zonados. Apresenta intensa alteração para sericita.

#### Augita

Cristais subédricos, usualmente com 1,0 mm e variando entre 0,2 e 2,0 mm. Ocupa os interstícios entre as ripas de plagioclásio. Apresenta pleocroísmo com cor variando entre tons pálidos de rosa e verde. Forma contatos predominantemente irregulares, exceto com os plagioclásios e apatita, cujos contatos são retos. Hospedem ocasionalmente inclusões de opacos e apatitas dispersos aleatoriamente e não maiores que 0,4 mm. Apresentam alteração parcial a total gradativamente para anfibólio, clorita e argilominerais. Os anfibólios de alteração apresentam pleocroísmo em tons de verde. Os cristais em estágio de alteração mais avançado ocasionalmente incluem cristais de quartzo subédrico, não presentes nas fases não alteradas.

#### Feldspato potássico

Ocorre como cristais subédricos a anédricos de tamanho comum de 0,6 mm, variando de 0,2 a 1,0 mm. Faz contatos predominantemente irregular com os demais minerais, exceto com as ripas de plagioclásio e as apatitas cujos contatos são retos. Apresenta intercrescimento de quartzo em textura gráfica, além de intensa alteração para mica branca.

#### Ilmenita

Ocorre como cristais anédricos de 0,2 a 1,2 mm, usualmente com 0,6 mm. Sob luz refletida apresenta reflexão intermediária com cor cinza pálida que, ao cruzar os nicóis, extingue. Alguns cristais apresentam textura esquelética e/ou lamelas paralelas de exsolução.

#### Apatita

Cristais euédricos a subédricos de 0,2 a 2,0 mm, comumente com 0,6 mm. Em luz plana apresenta-se manchado de marrom no centro. Faz contatos retos com as demais fases minerais presentes na rocha.

**Quartzo**

Cristais anédricos a subédricos com tamanho entre 0,1 e 0,8 mm, predominando os cristais com 0,6 mm. Faz contatos predominantemente irregulares. Diversos cristais apresentam inclusões dispersas aleatoriamente de minerais não identificados menores que 0,05 mm.

**6 - NOME DA ROCHA**

Augita ilmenita monzogabro

**7 - CONSIDERAÇÕES PETROGRÁFICAS**

A partir das texturas identificadas na rocha foi interpretado que a cristalização com a formação dos minerais opacos, seguido da cristalização lenta das ripas de labradorita e augita. Por fim cristalizaram o feldspato potássico e o quartzo.

Após a formação da rocha ocorreu alteração, provavelmente por hidrotermalismo, evidenciado pelo avançado grau de alteração dos plagioclásios e piroxênios.

**8 - HISTÓRICO DA ANÁLISE**

Local São Cristóvão - SE	Data de elaboração <sup>1</sup> 28/01/2019	Data da última revisão <sup>2</sup> 07/05/2019	Analista <sup>3</sup> Mauricio Brito Huttner
-----------------------------	---	---	---

<sup>1</sup>Data do início da descrição, <sup>2</sup>data do término da descrição, <sup>3</sup>seu nome completo sem abreviações